

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS SKOGS-  
FORSKNINGSINSTITUT

BAND 47

1957—1958

MITTEILUNGEN DER FORSTLICHEN  
FORSCHUNGSANSTALT  
SCHWEDENS  
**Bd. 47**

REPORTS OF THE FOREST  
RESEARCH INSTITUTE  
OF SWEDEN  
**Vol. 47**

BULLETIN DE L'INSTITUT DE RECHERCHES  
FORESTIÈRES DE SUÈDE  
**Tome 47**



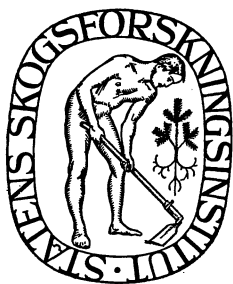
REDAKTÖRER:  
MANFRED NÄSLUND  
ERIK HAGBERG

STOCKHOLM 1958  
CENTRALTRYCKERIET, ESSELTE AB

## *Innehåll:*

Band	Sid.
47 : 1 EKLUND, BO: <b>Om granens årsringsvariationer inom mellersta Norrland och deras samband med klimatet</b> . . . . .	1—56
The Annual Ring Variations in Spruce in the Centre of Northern Sweden and their Relation to the Climatic Conditions. . . . .	56—63
47 : 2 LUNDQVIST, BENGT: <b>Om höjdtutvecklingen i kulturbestånd av tall och gran i Norrland</b> . . . . .	1—36
On the height growth in cultivated stands of pine and spruce in Northern Sweden . . . . .	36—38
Textbilagor . . . . .	39—51
Tabeller . . . . .	53—64
47 : 3 MOLIN, NILS: <b>Om Fomes annosus spridningsbiologi</b> . . . . .	1—33
A study on the infection biology of Fomes annosus . . . . .	33—36
47 : 4 SIMAK, MILAN: <b>The X-ray contrast method for seed testing. Scots Pine — Pinus silvestris</b> . . . . .	1—22
Grobarhetstestning av tallfrö med röntgenkontrastmetod . . . . .	19—20
47 : 5 TIRÉN, LARS: <b>Om försök med plantering av tall och gran i Norrland</b> . . . . .	1—93
Planting of Pine and Spruce in Norrland . . . . .	93—99
47 : 6 NÄSLUND, MANFRED: <b>The Aims and Methods of Swedish Forest Research</b> . . . . .	1—20
Den svenska skogsforskningens mål och medel . . . . .	20
47 : 7 KÄÄRIK, AINO and RENNERFELT, ERIK: <b>Investigations on the fungal flora of spruce and pine stumps</b> . . . . .	1—57
Undersökningar över svampfloran på gran- och tallstubbar . . . . .	57—58
Tables and Plates . . . . .	59—88
47 : 8 HAGNER, STIG: <b>Om kott- och fröproduktionen i svenska barrskogar</b> . . . . .	1—107
On the Production of Cones and Seed in Swedish Coniferous Forests . . . . .	108—120

Band		Sid.
47:9	AGER, BENGT, H:SON: <b>En undersökning på virkeskörare av arbetstyngdens variation med köravståndet</b> . . . . .	I—37
	Eine Untersuchung über den Einfluss des Transportabstandes auf die Arbeitsbelastung des Fuhrmannes . . . . .	37—41
	Tabeller och Figurer . . . . .	43—51
47:10	BÄRRING, ULF: <b>Några orienterande försök med kemiska medel mot ört- och vedartad vegetation</b> . . . . .	I—55
	Some Exploratory Experiments in Chemical Control of Herbaceous and Woody Plants . . . . .	62—66
	Bilaga — Appendix . . . . .	57—61



Om granens årsringsvariationer inom  
mellersta Norrland och deras samband  
med klimatet

*The Annual Ring Variations in Spruce in the Centre  
of Northern Sweden and their Relation to  
the Climatic Conditions*

av

BO EKLUND

MEDDELANDEN FRÅN  
STATENS SKOGSFORSKNINGSINSTITUT  
BAND 47 · NR 1

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
Förord .....	3
Årsringsmaterialet .....	4
Det meteorologiska observationsmaterialet .....	5
Variationerna i vårvedens och höstvedens bredd samt deras samband med lufttemperaturen .....	8
Sambandet mellan årsringsindex och antalet dagar med en maximitempe- ratur överstigande $+ 16^{\circ}$ C .....	18
Kottproduktionens inflytande på granens årsringsvariationer .....	25
Klimatfunktioner .....	28
Klimatfunktioner vid differentiering av årsringsmaterialet på trädklasser ..	35
Årsringsindex för 5-årsperioder .....	45
Granens årsringsvariationer efter år 1944 .....	49
Sammanfattning .....	53
Litteraturförteckning .....	55
Summary .....	56

## *Förord*

Det föreliggande arbetet är att betrakta som en fortsättning på ett av förf. tidigare publicerat arbete med titeln »Årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall och gran inom norra Sverige åren 1900—1944». Detta arbete avsåg främst att behandla årsringsbreddens s. k. åldersavtagande och möjligheterna att eliminera detta samt dessutom att studera årsringsvariationerna dels inom olika geografiska områden såsom län, klimatområden, breddgradsgrupper och höjdområden, dels för bestånd av olika bonitet och slutenhet samt för bestånd på skogsmark av olika fuktighetsgrader. Arbetsuppgiften avsåg däremot ej att utreda årsringsvariationernas direkta samband med de klimatiska faktorerna. Det ifrågavarande arbetet betraktade jag närmast som en länk i en kedja undersökningar med syftemål att på statistisk väg konstatera sambandet mellan årsringsvariationerna och klimatet. Först sedan vissa frågor av grundforskningsnatur tagits upp till behandling, såsom skett i det år 1954 publicerade arbetet, ansåg jag det möjligt att fortsätta undersökningarna i riktning mot detta mål. Dessa ha av olika anledningar måst begränsas till att endast behandla sambandet mellan granens årsringsvariationer och klimatet inom området mellan den 62:dra och 64:de breddgraden, således för ett område representerande de centrala delarna av Norrland.

I detta sammanhang har förf. stor anledning att betyga alla dem sin stora tacksamhet, vilka medverkat vid undersökningens genomförande. I särskild tacksamhetsskuld står jag därvid till byråchefen vid Statens meteorologiska och hydrologiska institut, CARL CH. WALLÉN, med vilken jag haft en rad givande diskussioner, och statsmeteorologen vid nämnda institut HELGE MODÉN, som lämnat kompletterande data ur hittills ej publicerat meteorologiskt observationsmaterial. För en intressant och givande diskussion över den fysiologiska mekanismen vid granens kolsyreassimilation är jag professor M. G. STÅLFELT stort tack skyldig. Vid den matematisk-statistiska behandlingen av undersökningsmaterialet har fil. lic. BERTIL MATÉRN på allt sätt bistått mig. Han har därjämte ingående granskat mitt manuskript. Sammanställningen av det meteorologiska observationsmaterialet och det fortsatta omfattande räknearbetet har utförts vid mitt personliga räknekontor under skicklig och samvetsgrann ledning av fru KERSTIN MOLANDER med biträde av fru MARGARETA SVEDLUND, OLGA PETTERSSON och ANNELIESE NEUSCHEL, vilken senare även renritat figurmaterialet. Vissa delar av det regressionsanalytiska räknearbetet ha handhåfts av fröken GRETA NILSSON samt fru GUNVOR EKBLAD och ANNE-SOPHIE RUNIUS. Till samtliga mina medarbetare vill jag nu framföra ett varmt personligt tack för deras värdefulla och av mig mycket uppskattade arbetsinsatser.

Stockholm i september 1956.

BO EKLUND

## Årsringsmaterialet

I förf:s tidigare publicerade arbete över årsringsvariationerna hos tall och gran inom norra Sverige (EKLUND 1954) ingick av det senare trädslaget årsringsmaterial från inalles 199 st. provytor i orörd skog med sammanlagt 2 658 årsringsundersökta, objektivt uttagna provträd. Givetvis hade det varit värdefullt, om hela detta material kunnat utnyttjas som grundval för den nu aktuella undersökningen. Av olika anledningar har denna dock måst begränsas. En viss svårighet har därvid varit att utvälja ett område, från vilket föreligger icke blott ett representativt årsringsmaterial utan även ett gott underlag av meteorologiska observationer.

För studiet av sambandet mellan granens årsringsvariationer och klimatet ligger det nära till hands att utnyttja årsringsmaterial från en enskild eller några få relativt närbelägna provytor och undersöka årsringsseriens variationer i relation till observationerna från en i grannskapet belägen meteorologisk station. Då man som i föreliggande fall endast förfogar över i medeltal 13 à 14 årsringsundersökta provträd på varje provyta, blir medelårsringsbredden för olika kalenderår alltför osäkert bestämd för att med fördel kunna läggas till grund för en årsringsindexserie. I detta sammanhang erinras om att årsringsindex är att betrakta som »ett approximativt uttryck för kalenderårets egenskap av gott eller dåligt växtår med avseende på diametertillväxten» (NÄSLUND 1942, s. 29—30). Till följd av att klimatet i det bestånd provytan representerar ej är exakt detsamma som registreras för den närmare eller mera avlägset belägna meteorologiska stationen, kommer årsringsindexserien för enskilda provytor eller mindre grupper av sådana ytor vanligen att bli lokalklimatiskt mer eller mindre starkt särpräglad. Härvid kunna avvikelserna mellan beståndets och stationens klimat i förening med de av olika anledningar uppträdande tillfälliga störningarna bli av viss betydelse. Då man använder sig av en medelårsringsserie representerande ett flertal bestånd, kan man vänta sig att de nämnda störningarna i viss mån utjämnas.

Tidigare har förf. framlagt årsringsindexserier för olika geografiska områden, såsom län, klimat-, breddgrads- och höjdområden (EKLUND 1954). De härvid vunna erfarenheterna visade, att ett av de fyra undersökta breddgradsområdena borde utgöra ett lämpligt objekt för en analys av sambandet mellan granens årsringsvariationer och klimatet. Valet föll härvid på området mellan 62:dra och 64:de breddgraden. Anledningen härtill var främst, att detta område för gran representeras av det största antalet undersökta provytor och provträd (69 och 908 st. respektive) samt det tätaste nätet av meteorologiska



stationer. Härtill kommer att betydande delar av de norrländska granskogstillgångarna äro belägna mellan den 62:dra och 64:de breddgraden, varför ett bidrag till kännedomen om klimatets inflytande på granens årsringsvariationer inom detta område måste anses värdefullt icke minst ur det norrländska skogsbrukets synpunkt.

## Det meteorologiska observationsmaterialet

Beträffande tillvägagångssättet för bestämning av granens årsringsindexserie för det ifrågavarande breddgradsområdet hänvisas till EKLUND 1954 (s. 92—93). Serien baserar sig på 908 årsringsundersökta provträd från inalles 69 provytor och avser årsringsindex för de 45 kalenderåren 1900—1944. De undersökta provytornas belägenhet framgår i stora drag av fig. 1. Denna upptager även de stationer, från vilka det meteorologiska observationsmaterialet hämtats. Utväljandet av dessa stationer liksom även erforderliga kompletteringar av observationsmaterialet har skett i samråd med meteorologiska byrån vid Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut. Stationernas namn, latitud, longitud, höjd över havet samt den tidrymd, för vilken de meteorologiska observationerna kunnat utnyttjas, redovisas i tab. 1.

Av de 12 i tab. 1 upptagna stationerna äro två, nämligen Bjuråker och Särna, belägna något söder om den 62:dra breddgraden och följaktligen utan-

**Tab. 1. Förteckning över de stationer, från vilka det meteorologiska materialet hämtats, deras belägenhet och höjd över havet.**

List of the stations from which the meteorological material has been obtained, their location and height above sea level.

Stationens namn Name of the station	Latitud Latitude	Longitud Longitude	Höjd över havet meter Height above sea level metres	Undersök- ningen avser tiden The investiga- tion refers to the time
	grader degrees			
Bjuråker <sup>1</sup> .....	61,87	16,57	72,8	1900—1944
Forsse <sup>1</sup> .....	63,15	17,03	120,0	1912—1944
Härnösand <sup>1</sup> .....	62,63	17,95	8,8	1900—1944
Kasa.....	63,32	19,07	30,0	1916—1944
Ljungå.....	62,75	16,32	220,0	1916—1944
Sidsjö <sup>1</sup> .....	62,37	17,28	69,0	1900—1944
Storsätern.....	62,07	12,32	680,0	1915—1944
Sveg <sup>1</sup> .....	62,03	14,37	362,9	1900—1944
Särna <sup>1</sup> .....	61,68	13,12	461,3	1900—1944
Umeå <sup>1</sup> .....	63,83	20,28	16,9	1900—1944
Ånge.....	62,53	15,65	169,0	1916—1944
Östersund <sup>1</sup> .....	63,18	14,65	328,1	1900—1944
Medeltal (Mean).....	62,62	16,22	211,6	—

<sup>1</sup> Standardstation. Standard station.

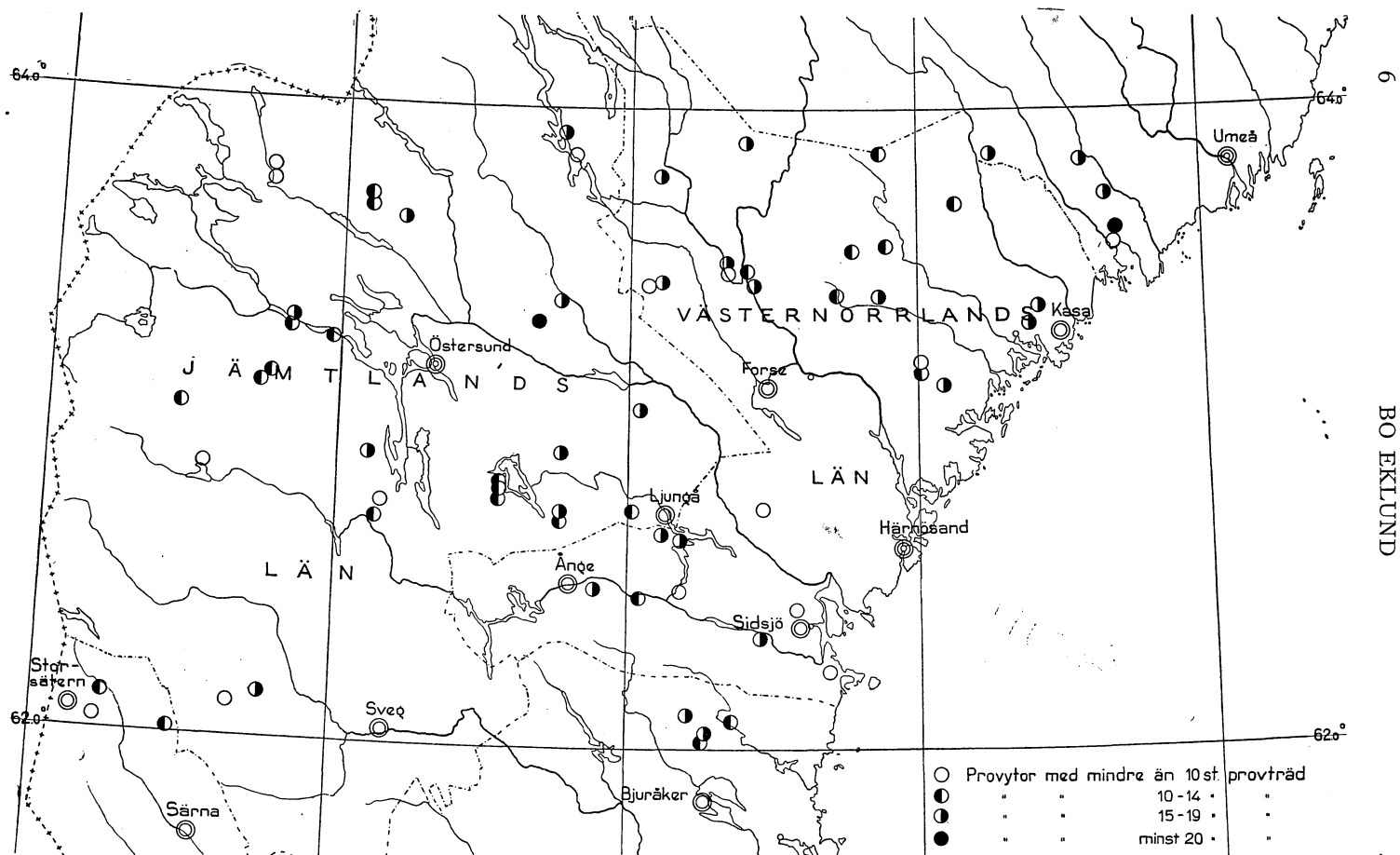


Fig. 1. Karta utvisande de undersökta provytornas och de använda meteorologiska stationernas belägenhet. De senare markeras med koncentriska cirkclar jämte stationsnamnen.

Map showing the location of the sample plots investigated and the meteorological stations employed. The latter are indicated by concentric circles and the names of the stations.

för det aktuella breddgradsområdet. De ha emellertid medtagits för att fullständiga det förhållandevis glesa nätet av meteorologiska stationer inom detsamma.

För de meteorologiska stationerna är enligt tab. 1 den genomsnittliga breddgraden  $62,6^{\circ}$  och den genomsnittliga höjden över havet 212 meter. Motsvarande medeltal för de provytor, som ligga till grund för årsringsindexserien, uppgår till  $63,1^{\circ}$  och 338 meter respektive. Om man i stället tager ett vägt medeltal av höjderna med antalet årsringsundersökta provträd på ytorna, erhålles ett något lägre värde, eller 332 meter. Det har dock ej ansetts nödvändigt att korrigera de för samtliga meteorologiska stationerna föreliggande medeltalen av temperaturobservationerna till att avse samma genomsnittliga breddgrad och höjd över havet, som provytorna representera (ÅNGSTRÖM 1938).

För de i tab. 1 upptagna meteorologiska stationerna ha för denna undersökning erforderliga temperatur- och nederbördsdata sammanställts. Härvid har utnyttjats dels Statens meteorologiska och hydrologiska instituts årsböcker för tiden 1900(1897)—1944, dels icke publicerade journaler, som nämnda institution välvilligt ställt till förfogande. Beträffande definitioner av de använda temperatur- och nederbördsfaktorerna liksom även sättet för observationernas rutinmässiga utförande hänvisas till de ifrågavarande årsböckerna.

För var och en av de 12 meteorologiska stationerna har i första hand *luftens medeltemperatur* för olika månader kalenderårsvis noterats i en särskild sammanställningsblankett, varefter de för hela breddgradsområdet föreliggande genomsnittliga månadsmedeltemperaturerna fastställts för vart och ett av de 45 kalenderåren.

De dagliga iakttagelserna över *luftens maximi- och minimitemperaturer* ha likaledes antecknats på sammanställningsblanketter, varvid endast observationerna för tiden 1 maj—31 augusti medtagits. Denna period skulle därvid omfatta huvudparten av vegetationsperioden. För varje station har följaktligen för vart och ett av de 45 kalenderåren 123 noteringar av vardera temperaturuppgiften utförts, varför denna del av undersökningen varit av tidskrävande karaktär. Maximi- och minimitemperaturerna ha var för sig summerats för följande åtta halvmånadsperioder: 1—15 maj, 16—31 maj, 1—15 juni, 16—30 juni, 1—15 juli, 16—31 juli, 1—15 augusti och 16—31 augusti.

Den för varje station sålunda uträknade värmesumman har sedan lagts till grund för bestämning av den genomsnittliga värmesumman för samtliga stationer under de olika halvmånadsperioderna. De på detta sätt för varje enskilt kalenderår uträknade medeltalen benämna vi i fortsättningen *värmesummor enligt maximi-, respektive minimitemperaturen*.

På analogt sätt som för värmesummorna har *nederbörden* fastställts för var och en av de nämnda halvmånadsperioderna. Dessutom har nederbörden under tiden december (under närmast föregående kalenderår) fram till och med april sammanställts månadsvis. Med hänsyn till nederbördens starka lokala variation torde de för hela breddgradsområdet beräknade, genomsnittliga nederbördssiffrorna endast i jämförelsevis grova drag karakterisera nederbördsförhållandena.

I de fall då meteorologiska iakttagelser saknas för en station, har för enstaka kalenderår eller kortare perioder den felande uppgiften härletts med stöd av observationsmaterial från närliggande stationer. De härför erforderliga interpolationerna ha därvid utförts under värdefull medverkan av statsmeteorolog H. MODÉN. Då uppgift på dygnets maximitemperatur saknats för en station, har termometeravläsningen omkring klockan 14, vid vilken tid en kulmination av luftens temperatur i allmänhet plägar inträffa, fått motsvara maximitemperaturen. Uträkningen av medeltalen för de ovannämnda meteorologiska faktorerna har varit en relativt arbetskrävande procedur, vilket framgår av att 3 å 4 räknebiträden varit sysselsatta enbart med denna del av undersökningen under en tid av omkring fem månader.

## Variationerna i vårvedens och höstvedens bredd samt deras samband med lufttemperaturen

Som ett led i sökandet efter lämpliga meteorologiska variabler, vilka kunna förväntas utöva inflytande på granens årsringsvariationer, visade det sig nödvändigt att var för sig studera vårveden och höstveden i relation till i första hand temperaturförhållandena under olika avsnitt av vegetationsperioden.

ANDERSSON (1953) har konstaterat, att höstvedbildningen hos gran under de sex kalenderåren 1941—1946 — i stort sett oberoende av växtplatsens breddgrad och höjd över havet — ungefärligen tagit sin början i mitten av juli månad för att vara avslutad omkring en månad senare. Tidpunkten för höstvedbildningens början och avslutande varierade därvid under olika kalenderår inom loppet av ett par veckor. ANDERSSONS undersökningar avse årsringarna vid brösthöjd hos tall och gran i orörda bestånd.

Av det föreliggande undersökningsmaterialet, som enligt det föregående omfattar 908 provträd från inalles 69 provtytor inom det aktuella breddgradsområdet, har för 460 eller något mer än hälften av de vid brösthöjd borrade provträden, vår- och höstvedelementen mätts var för sig (jfr EKLUND 1949, s. 29—30 och 48—49). Liksom mätningarna av hela årsringar ha mätningarna

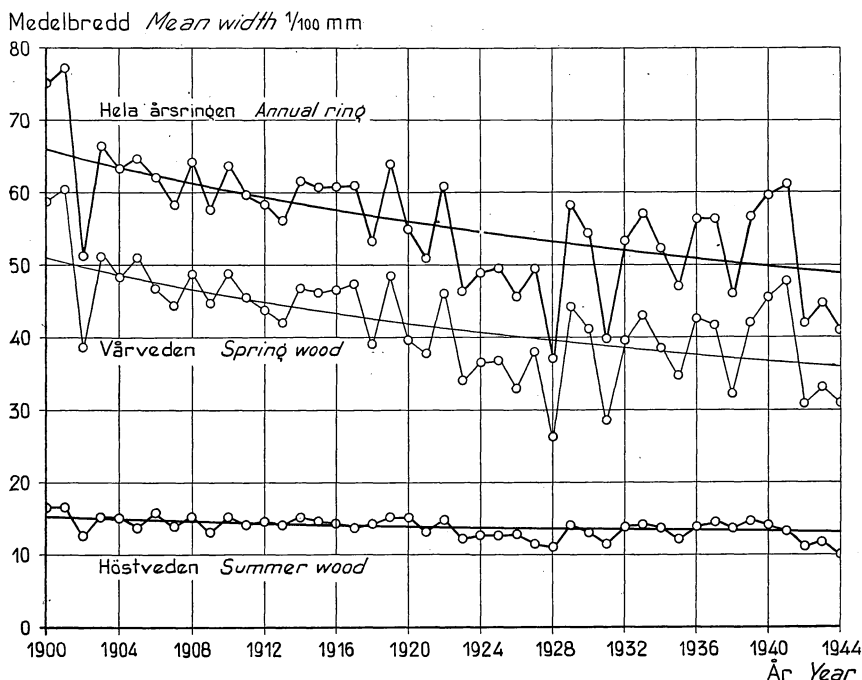


Fig. 2. Vårvedens, höstvedens och hela årsringens bredd under olika kalenderår för 460 st. provträd av gran från de 69 st. undersökta provytorna i orörd skog inom det aktuella breddgradsområdet. De heldragna kurvorna återgiva årsringselementets åldersavtagande enligt den använda utjämningsfunktionen (jfr s. 11).

Spring wood's-, summer wood's- and annual rings' width in different calendar years for 460 spruce sample trees on the 69 sample plots investigated in undisturbed forest regions within the latitude group in question. The full-line curves reproduce the annual ring element's age decrease in accordance with the adjustment function employed (see p. 11).

av vår- och höstved avsett perioden 1900—1944. I undersökningsmaterialet ingår således inalles omkring 41 400 mätta årsringselement och 40 860 mätta hela årsringar. Höstvedens bredd är därvid givetvis ej bestämd med samma grad av noggrannhet som hela årsringens bredd beroende på svårigheten att fixera gränsen mellan vår- och höstvedelementet inom en och samma årsring (WIKSTEN 1945, EKLUND 1949). Successiva kontroller av mättningsarbetet ha emellertid visat, att gränsdragningen skett förhållandevis likformigt, varför vårvedens och höstvedens genomsnittliga bredd under olika kalenderår kan anses vara bestämd utan några mera framträdande systematiska fel.

För att kunna användas vid den fortsatta undersökningen måste observationerna av årsringselementets bredd först befrias från den med stigande ålder avtagande tendensen. Detta har skett på analogt sätt som för hela årsringen, varvid som resultat erhållits *vårved-* och *höstvedindex*, vilka få tolkas som approximativa uttryck för kalenderårets egenskap av gott eller dåligt växtår med avseende på vårved- respektive höstvedbildningen. För att återgiva

**Tab. 2. Vårvedens, höstvedens och hela årsringens bredd, höstvedprocenten jämte motsvarande indexvärden för olika kalenderår.**

Spring wood's-, summer wood's- and annual ring's width, percentage of summer wood and corresponding index values for different calendar years.

År Year	Genomsnittlig bredd av Mean width of			Höstved- procent Percentage of summer wood	Index för Index for			
	Vår- veden Spring wood	Höst- veden Summer wood	Hela års- ringen Annual ring		Vår- veden Spring wood	Höst- veden Summer wood	Hela års- ringen Annual ring	Höstved- procenten Percentage of summer wood
	1/100 millimeter 1/100 of a millimetre				procent per cent			
1900	58,5	16,5	75,0	22,0	114	109	113	94
1901	60,5	16,5	77,0	21,4	120	109	117	91
1902	38,6	12,7	51,3	24,7	77	85	79	105
1903	51,0	15,2	66,2	22,9	103	102	103	97
1904	48,3	15,0	63,3	23,7	99	101	99	100
1905	51,0	13,7	64,7	21,1	105	93	102	89
1906	46,7	15,6	62,2	25,0	97	106	99	105
1907	44,4	13,9	58,3	23,8	93	95	94	100
1908	48,9	15,3	64,2	23,9	104	105	104	100
1909	44,7	13,1	57,8	22,7	96	90	95	95
1910	48,8	15,1	63,8	23,6	106	105	105	98
1911	45,5	14,1	59,6	23,7	99	98	99	98
1912	43,8	14,6	58,4	25,0	97	102	98	104
1913	42,0	14,2	56,1	25,3	94	100	95	104
1914	46,6	15,0	61,7	24,4	105	106	105	100
1915	46,2	14,6	60,8	23,9	105	103	104	98
1916	46,5	14,3	60,8	23,6	106	102	105	97
1917	47,4	13,6	61,0	22,2	109	97	106	91
1918	39,2	14,2	53,4	26,7	91	102	94	109
1919	48,5	15,4	63,9	24,1	114	111	113	98
1920	39,8	15,2	54,9	27,6	94	110	98	112
1921	37,8	13,2	51,0	26,0	90	96	91	105
1922	46,1	14,7	60,8	24,2	111	107	110	97
1923	34,1	12,3	46,4	26,5	82	90	84	106
1924	36,5	12,6	49,1	25,6	89	92	90	103
1925	36,8	12,6	49,5	25,5	90	92	91	102
1926	32,9	12,8	45,6	28,0	81	94	84	112
1927	38,0	11,5	49,5	23,3	95	85	92	93
1928	26,2	11,0	37,1	29,6	66	81	69	117
1929	44,3	14,1	58,3	24,1	112	105	110	95
1930	41,3	13,1	54,4	24,0	105	98	103	95
1931	28,5	11,5	39,9	28,7	73	86	76	113
1932	39,5	13,7	53,2	25,7	102	103	102	101
1933	42,9	14,1	57,1	24,7	111	106	110	97
1934	38,5	13,7	52,2	26,2	100	103	101	102
1935	34,8	12,1	46,8	25,7	91	91	91	100
1936	42,6	13,9	56,4	24,5	113	105	110	95
1937	41,7	14,5	56,2	25,8	111	110	111	100
1938	32,4	13,6	46,1	29,6	87	104	91	114
1939	42,1	14,7	56,8	25,9	113	112	113	100
1940	45,5	14,1	59,6	23,7	123	108	119	91
1941	47,9	13,4	61,3	21,8	130	103	123	83
1942	30,9	11,2	42,0	26,5	85	86	85	101
1943	33,1	11,8	44,9	26,3	91	91	91	100
1944	31,1	10,0	41,1	24,0	84	77	84	91

Ovanstående medeltal grundas sig på 460 st. provträd.

The above mean values are based on 460 sample trees.

årsringselementets med stigande trädålder avtagande tendens (fig. 2) ha följande funktioner bestämts, i vilka  $y$  betecknar årsringselementets bredd (mätt i hundradels millimeter) för ett givet kalenderår  $x$  (jfr EKLUND 1954, s. 14—16):

$$\text{För vårveden: } \dots\dots\dots y_v = 14,532 + 2309,2 \times \frac{1}{x - 1837}$$

$$\text{» höstveden: } \dots\dots\dots y_h = 9,785 + 1338,6 \times \frac{1}{x - 1837}$$

$$\text{» hela årsringen: } \dots\dots y = 24,296 + 2648,3 \times \frac{1}{x - 1837}$$

Genom att för ett givet kalenderår sätta årsringselementets genomsnittliga bredd i relation till det enligt funktionen beräknade, ha vårved- och höstved-index härletts för vart och ett av de 45 kalenderåren under tiden 1900—1944. Dessa indexvärden redovisas i tab. 2 och fig. 3.

Ovanstående utjämningsfunktioner visa, att åldersavtagandet sker proportionsvis hastigare för vårveden än för höstveden. Detta medför att höstvedprocenten, d. v. s. höstvedelementets bredd uttryckt i procent av hela årsringens, får en med tilltagande ålder svagt stigande tendens. Sålunda ökar under de 45 åren 1900—1944 höstveden med omkring 3 %. Tendensen är därvid i stort sett densamma, som NÄSLUND (1942) konstaterat för orörda, gamla granbestånd i norra Sverige.

En okulär jämförelse mellan vårved- och höstvedindexserierna enligt fig. 3 leder till det överraskande resultatet, att de båda serierna förete påfallande likheter med avseende på de årliga variationerna. Korrelationen mellan dem är hög, vilket framgår av korrelationskoefficienten. Denna uppgår nämligen till + 0,742\*\*\*<sup>1</sup>. Denna höga korrelation förefaller svårförståelig, om vårvedbildningen skulle vara betingad av de klimatiska förhållandena under tiden maj fram till omkring mitten av juli och höstvedbildningen endast av de klimatiska förhållandena under återstående delar av sommaren fram till ungefär mitten av augusti.

<sup>1</sup> De vanliga signifikanskriterierna för korrelationskoefficienter äro som regel ej användbara vid jämförelser mellan tidsserier, såsom t. ex. årsringsindexserier, särskilt ej då dessa äro starkt autokorrelerade. Enär autokorrelationen i granens årsringsindexserie för det aktuella breddgradsområdet konstaterats vara ytterst svag och ej signifikant skild från 0 (EKLUND 1954, s. 100), har det dock ansetts motiverat att som en första orientering tillämpa de vanliga kriterierna. I fortsättningen redovisas signifikansen på följande sätt:

*	Koefficienten nästan signifikant	på risknivån	0,05 eller 5 %
**	» signifikant	» »	0,01 » 1 %
***	» starkt signifikant	» »	0,001 » 0,1 %.

Vid bestämning av signifikansnivån har för totala och partiella korrelationskoefficienter använts det s. k.  $t$ -testet och för multipla korrelationskoefficienter det på varianskvotens fördelning baserade  $F$ -testet (FISCHER and YATES 1948, MATÉRN 1955).

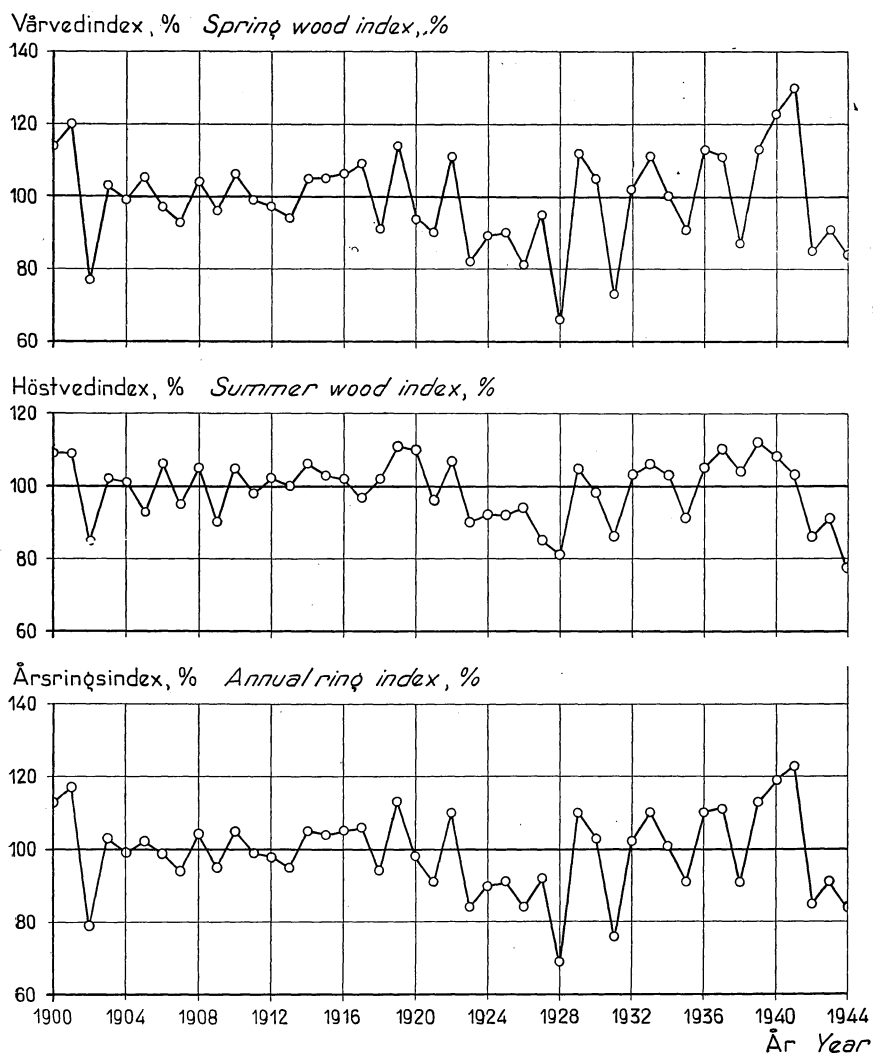


Fig. 3. Vårved-, höstved- och årsringsindex för de 460 st. provträden enligt fig. 2.

Spring wood-, summer wood- and annual ring index for the 460 sample trees according to fig. 2

Om vårved- respektive höstvedindex uttryckes som en funktion av värmesumman, d. v. s. de summerade maximitemperaturerna under olika halvmånadsperioder, lämna de partiella korrelationskoefficienterna (jfr tab. 4) en orienterande anvisning om för vilken halvmånadsperiod index uppvisar det starkaste sambandet med värmesumman. De partiella korrelationerna äro i detta fall att föredraga, enär den mera renodlade effekten av periodens värmesumma kommer till uttryck i dessa. Värmesummorna för två på var-



**Tab. 3. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan värmesummor för olika halvmånadsperioder.**

Correlation coefficients for the relation between accumulated temperature values for different half-monthly periods.

Period Period	Maj May	Juni June		Juli July		Augusti August
	16—31	1—15	16—30	1—15	16—31	1—15
	Korrelationskoefficient Correlation coefficient					
Maj..... 16—31 May	—	0,274	0,179	0,045	0,290	0,152
Juni..... { 1—15	—	—	0,165	— 0,040	0,224	0,208
June { 16—30	—	—	—	0,277	0,170	0,086
Juli..... { 1—15	—	—	—	—	0,283	0,146
July { 16—31	—	—	—	—	—	0,434**
Augusti..... 1—15 August	—	—	—	—	—	—

andra följande halvmånadsperioder variera nämligen ej helt oberoende av varandra utan måste antagas vara inbördes positivt korrelerade. Tab. 3 anger, att så i viss utsträckning är fallet, ehuru korrelationskoefficienterna, med undantag av då perioden 16—31 juli jämföres med perioden 1—15 augusti, äro låga. Värmesummornas inbördes korrelation återverkar på sambandet mellan vårved- respektive höstvedindex och värmesumman för de olika halvmånadsperioderna, så att den totala korrelationskoefficienten mellan årsringsindex och värmesumman för en viss halvmånadsperiod även influeras av värmesumman för angränsande perioder.

Av tab. 4 framgår, att den partiella korrelationskoefficienten för sambandet mellan vårvedindex och värmesumman endast är signifikant skild från 0 för de tre halvmånadsperioderna 16/5—31/5, 1/6—15/6 och 16/6—30/6. Då sambandet i stället avser höstvedindex, är inflytandet av värmefaktorn signifikant på risknivån 5 % endast för de båda förstnämnda halvmånadsperioderna. *De partiella korrelationskoefficienterna lämna följaktligen upplysning om att såväl vårveden som höstveden röner ett gynnsamt inflytande av en hög värmetillförsel under slutet av maj och under juni.*

Vid första påseendet kan det förefalla överraskande att värmetillförseln under slutet av maj och första hälften av juni samvarierar med höstvedbildningen, särskilt som denna enligt utförda undersökningar (ANDERSSON 1953) vid denna tid ännu ej tagit sin början. Förf. har tolkat detta förhållande så, att huvudparten av den mängd assimilat, som åtgår för att bygga upp såväl vårved- som höstvedelementet, bildas under inflytandet av temperaturförhållandena under nämnda tid.

**Tab. 4. Partiella korrelationskoefficienter för sambandet mellan olika index och värmesumman enligt maximitemperaturen för olika halvmånadsperioder.**

Partial correlation coefficients for the relation between different indexes and accumulated temperatures according to the maximum temperature for different half-monthly periods.

De partiella korrelationerna avse värmesumman för vidstående perioder och The partial correlations refer to the accumulated temperature for the adjoining periods and	Antal provträd Number of sample trees	Maj May		Juni June		Juli July		Augusti August		Multipel korrelationskoefficient Multiple correlation coefficient
		I—15	I6—31	I—15	I6—30	I—15	I6—31	I—15	I6—31	
		Partiell korrelationskoefficient Partial correlation coefficient								
Vårvedindex ... Spring wood index	460	— 0,154	0,340*	0,357*	0,406*	0,097	0,246	— 0,126	— 0,062	0,694**
Höstvedindex... Summer wood index	460	— 0,014	0,367*	0,320*	0,148	0,017	0,171	— 0,089	— 0,056	0,602*
Årsringsindex... Annual ring index	908	— 0,142	0,363*	0,369*	0,398*	0,073	0,254	— 0,103	— 0,099	0,702***

De låga partiella korrelationskoefficienter, vilka enligt tab. 4 prägla sambandet mellan å ena sidan vårved- och höstvedindex, å andra sidan värmesumman för första hälften av juli, således för en period då normalt en hög värmetillförsel äger rum, innebär sannolikt ej — som för övrigt framgår av ROMELLS undersökningar (1925) — att cellbildningen i kambiet avstannar och att ett stillestånd i årsringsbildningen inträder. Denna kan antagligen alltjämt pågå under medverkan av redan tidigare producerade mängder assimilat.

Orsakerna till att stammens kambium, från att ha bildat vidrummiga och tunnväggiga vårvedceller, omkring mitten av juli hos granen börjar producera tjockväggiga höstvedceller med liten lumen, känna vi för närvarande ej. Förmodligen sker övergången från vårved- till höstvedbildning som en följd av en viss autonom periodicitet betingad av vissa inre fysiologiska förhållanden i träden. Ett djupare inträngande i den kausala bakgrunden härtill är emellertid en arbetsuppgift, som närmast faller inom den växtfysiologiska grundforskningens ramar. I och med iakttagelsen, att höstvedindex uppvisar ett avsevärt starkare samband med temperaturförhållandena — uttryckta i form av de summerade maximitemperaturerna — under ungefär samma tid, då vårveden bildas, än med värmesumman för den tid, då höstvedbildningen normalt äger rum, framstår detta problem i ny belysning.

Som framgår av tab. 12, s. 27, angiva de i denna redovisade partiella korrelationskoefficienterna för sambandet mellan granens s. k. kottpoängserie och värmesumman under olika halvmånadsperioder av knoppänläggningsåret, att en hög värmetillförsel under perioden 1—15 juli har ett gynnsamt inflytande på kottproduktionen under det närmast efterföljande kalenderåret.

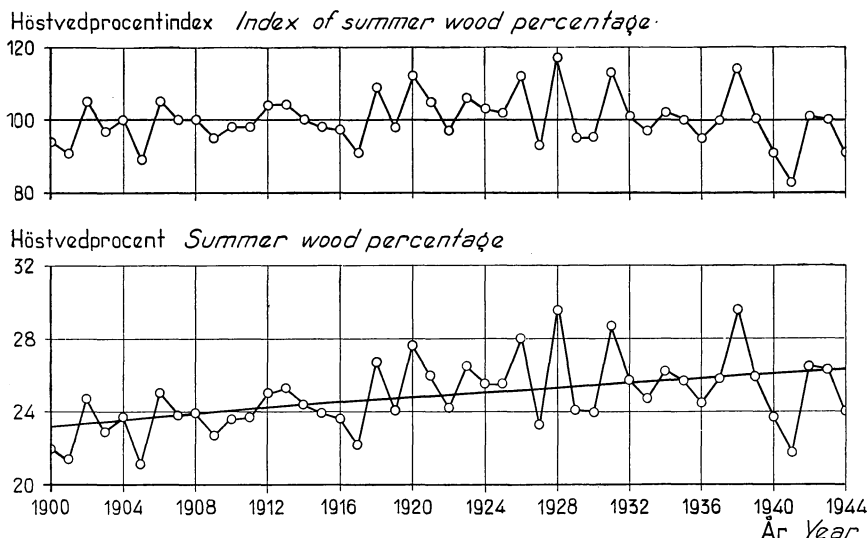


Fig. 4. Höstvedprocent och höstvedprocentindex för de vår- och höstvedundersökta provträden.

Summer wood percentage and summer wood percentage index for the spring- and summer wood sample trees investigated.

Även värmertilförseln under den närmast föregående halvmånadsperioden visar en — om än svag — positiv korrelation med kottproduktionen följande år. För dessa båda perioder är emellertid sambandet mellan å ena sidan vårved- alternativt höstvedindex, å andra sidan värmesumman (jfr tab. 4) endast helt svagt. Det kan därför tänkas, att höstvedbildningen hos gran aktiveras genom de autonoma processer, som leda till bildandet av vegetativa och florala knoppar och som därvid äro förenade med omfattande fysiologiska omställningsprocesser i träden.

I detta sammanhang förtjänar framhållas, att om höstvedprocenten uttryckes i form av ett indexvärde (fig. 4), varigenom den förras med stigande trädålder ökande tendens elimineras<sup>1</sup>, och indexserien korreleras med värmesummorna för olika halvmånadsperioder, erhåller man genomgående negativa korrelationskoefficienter. *Hög värmertilförsel under försommaren och högsommaren har följaktligen i allmänhet medfört låga höstvedprocenter, medan låg värmertilförsel under denna tid plägar resultera i höga höstvedprocenter.*

Om man i stället för den partiella, bestämmer den totala koefficienten för korrelationen mellan de olika indexserierna och värmesumman för olika halvmånadsperioder, erhålles ett uttryck för det samlade inflytandet av

<sup>1</sup> Den ifrågakommande tendensen har återgivits med den linjära regressionen  $y = 19,0 + 0,069 \times (x - 1837)$ , där  $y$  är höstvedprocenten och  $x$  kalenderåret. Indexvärdena ha uträknats genom att den aktuella höstvedprocenten satts i relation till den enligt regressionsuttrycket beräknade.

**Tab. 5. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan vårvedindex respektive höstvedindex och värmesummor enligt maximitemperaturen för olika perioder.**

Correlation coefficients for the relation between the spring wood index, the summer wood index and the accumulated temperatures according to the maximum temperature for different periods.

Korrelationen avser värmesumman för vidstående perioder och The correlation relates to the accumulated temperature for the adjoining periods and	Maj May		Juni June		Juli July		Augusti August
	I—15	16—31	I—15	16—30	I—15	16—31	I—15
	Korrelationskoefficient Correlation coefficient						
Vårvedindex Spring wood index  460 provträd sample trees	0,118	0,431** 0,525*** 0,634*** 0,626*** 0,625*** 0,562*** 0,288	0,409** 0,471**	0,201	0,344*		0,081
Höstvedindex Summer wood index  460 provträd sample trees	0,206	0,459** 0,548*** 0,552*** 0,507*** 0,514*** 0,471** 0,221 0,241 0,303* 0,427**	0,418**	0,257	0,082	0,303*	0,095

*Anm.* Samtliga ovanstående korrelationskoefficienter äro positiva.

*Note.* All the above correlation coefficients are positive.

värmesumman på index för icke blott den aktuella halvmånadsperioden utan även angränsande perioder. Detta är en följd av att — som tidigare påvisats — värmesummorna för olika halvmånadsperioder ej variera helt oberoende av varandra utan i viss mån äro inbördes korrelerade. Genom att även bestämma den totala korrelationskoefficienten för sambandet mellan index och de värmesummor, som uppkomma vid sammanslagning av angränsande halvmånadsperioder, kan man bilda sig en uppfattning om under vilken del av sommaren värmetillförseln är av särskild betydelse för bildandet av vårveden och höstveden liksom även årsringen i dess helhet. Resultaten av på antytt sätt utförda bestämningar av de totala korrelationskoefficienterna återgivas

**Tab. 6. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan årsringsindex och värmesummor enligt maximitemperaturen för olika perioder.**

Correlation coefficients for the relation between the annual ring index and the accumulated temperatures according to the maximum temperature for different periods.

Korrelationen avser värmesumman för vidstående perioder och The correlation relates to the accumulated temperature for the adjoining periods and	Maj May		Juni June		Juli July		Augusti August
	I—15	16—31	I—15	16—30	I—15	16—31	I—15
Korrelationskoefficient Correlation coefficient							
Årsringsindex Annual ring index  460 provträd sample trees	0,141	0,451**	0,428**	0,448**	0,189	0,353*	0,093
		0,549***					
		0,642***			0,630***		
		0,628***					
		0,570***					
		0,292					
		Årsringsindex Annual ring index  908 provträd sample trees	0,138	0,454**	0,423**	0,452**	0,188
0,548***							
0,643***				0,631***			
0,628***							
0,570***							
0,292							

Anm. Samtliga ovanstående korrelationskoefficienter äro positiva.

Note. All the above correlation coefficients are positive.

i tab. 5 och 6, av vilka den förra upptager koefficientvärdena för vårved- respektive höstvedindex och den senare för årsringsindex enligt såväl det vårved- och höstvedundersökta årsringsmaterialet som hela undersökningsmaterialet.

Som framgår av en jämförelse mellan tab. 4, 5 och 6, äro de i de båda senare tabellerna angivna totala korrelationskoefficienterna något högre än de partiella enligt den förstnämnda tabellen, vilket givetvis är en följd av värmesummornas inbördes korrelation för angränsande halvmånadsperioder. Vidare kan konstateras, att den starkaste korrelationen mellan index och värmesumma erhållits för perioden 16 maj—30 juni. Förlängning av densamma till att även omfatta juli månad medför i samtliga fall en svag nedgång i korrelationens styrka.

Av tab. 5 kan även utläsas, att det råder en anmärkningsvärt god överensstämmelse mellan korrelationskoefficienterna, då alternativt vårved- och höstvedindexserierna korreleras med samma värmesummor.

Tab. 6 upptager korrelationskoefficienter avseende såväl de 460 vår- och höstvedundersökta provträden som hela undersökningsmaterialet, d. v. s. 908 provträd. Ehuru den senare årsringsindexserien grundar sig på ett nära nog dubbelt så stort antal provträd som den förra, föreligger över hela linjen så gott som identiska korrelationskoefficienter.

Tidigare har MIKOLA (1950) undersökt sambandet mellan såväl vårvedens som höstvedens variationer och medeltemperaturen för juni, juli och augusti. Undersökningsmaterialet av gran avsåg därvid tre lokaler, nämligen Savukoski i norra, Kaimu i mellersta och Padasjoki i södra Finland och var ej i något fall särskilt omfattande. Av MIKOLA utförda korrelationsräkningar antyda, att för de båda förstnämnda lokalerna vårvedbildningen uppvisade det starkaste sambandet med medeltemperaturen för juni, medan denna, i likhet med julitemperaturen för den sydligast belägna lokalen, ej skulle utövat något egentligt inflytande på vårvedbildningen. För den nordligast belägna lokalen befanns höstvedbildningen vara speciellt beroende av junitemperaturen, medan för den mellanfinska, juli- och augustitemperaturen skulle haft det största inflytandet. För den sydligast belägna lokalen befanns varken juni-, juli- eller augustitemperaturen ha utövat något signifikant inflytande på höstvedbildningen. Resultaten äro följaktligen något motstridiga, och det begränsade undersökningsmaterialet framtvingar stor försiktighet vid bedömningen av de erhållna korrelationerna (jfr MIKOLA 1950, s. 76—77).

Redan 1917 påvisade A. WALLÉN med ledning av korrelationsräkningar, baserade på årsringsmaterial från kronoparken Stammäs i trakten av Gällö inom Jämtlands län jämte meteorologiskt observationsmaterial från Östersund, att för gran »en stor tillväxt är i främsta rummet beroende på hög temperatur under vegetationsårets vår och sommar . . .» Senare har granens förmåga att för årsringsbildningen utnyttja en varm period under våren bekräftats genom norska undersökningar (ORDING 1941).

*De ovan diskuterade korrelationsräkningarna ha givit värdefulla ledtrådar för den fortsatta undersökningen, nämligen att granens årsringsvariationer inom det aktuella breddgradsområdet uppvisa en anmärkningsvärd samvariation med värmetillförseln under ett jämförelsevis kort avsnitt av försommaren och högsommaren, särskilt då för tiden mitten av maj till omkring månadsskiftet juni-juli.*

### **Sambandet mellan årsringsindex och antalet dagar med en maximitemperatur överstigande $+16^{\circ}\text{C}$**

Vid den regressionsanalytiska bearbetningen av observationsmaterialet med syfte att återgiva granens årsringsvariationer som en funktion av olika meteorologiska variabler accepterades till en början värmesumman enligt luftens

**Tab. 7. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan respektive vårvedindex, höstvedindex och årsringsindex samt antalet dagar, då luftens maximitemperatur under tiden 16 maj—31 juli uppgått till lägst nedanstående gradtal.**

Correlation coefficients for the relation between the spring wood index, the summer wood index and the number of days on which the maximum atmospheric temperature at least reached the temperatures set out below during the period 16th May—31st July.

Korrelationen avser antalet dagar enligt vidstående gradtal och The correlation relates to the number of days according to the adjoining temperatures and	Antal provträd Number of sample trees	Antalet dagar då luftens maximitemperatur uppgått till lägst: Number of days on which the maximum atmospheric temperature at least reached:							
		+12°	+14°	+15°	+16°	+17°	+18°	+20°	+22°
		Korrelationskoefficient Correlation coefficient							
Vårvedindex..... Spring wood index	460	0,482***	0,563***	0,641***	0,712***	0,706***	0,638***	0,557***	0,469**
Höstvedindex..... Summer wood index	460	0,512***	0,494***	0,566***	0,597***	0,568***	0,532***	0,442**	0,300*
Årsringsindex..... Annual ring index	908	0,505***	0,578***	0,656***	0,721***	0,710***	0,662***	0,556***	0,458**
Antal dagar i medeltal 1900—1944 .....		67,7	60,2	56,1	50,0	43,8	37,7	24,9	15,3
The average number of days 1900—1944									
Dagantalets spridning .....		5,4	6,8	7,2	8,2	8,8	9,7	9,7	8,0
Standard deviation of the number of days									

*Anm.* Samtliga ovanstående korrelationskoefficienter äro positiva.

Note. All the above correlation coefficients are positive.

maximitemperatur för alternativt perioden 16 maj—30 juni och 16 maj—31 juli som temperaturvariabel. Vid bestämningen av regressionsfunktionen medtogs bland övriga tänkbara variabler även en, som redovisar antalet dagar, då luftens maximitemperatur överstigit ett visst gradtal, liksom även en variabel angivande antalet dagar med en minimitemperatur understigande en viss temperaturnivå. Inflytandet av denna senare variabel befanns dock vara så ringa, att den kunde slopas. Däremot visade sig antalet dagar med en lägsta maximitemperatur av +16° C vara en oväntat värdefull variabel, vilket orienteringsvis framgår av en jämförelse mellan korrelationskoefficienterna för sambandet mellan årsringsindex och dels dagantalet, dels värmesumman för tiden 16 maj—31 juli. För dagantalet erhöles koefficientvärdet +0,721\*\*\* mot +0,631\*\*\* för värmesumman. Temperaturen +16° C hade emellertid valts relativt godtyckligt, varför det ansågs nödvändigt att utsträcka korrelationsräkningarna till att även avse andra alternativa temperaturgränser. Resultaten av dessa räkningar återfinnas i tab. 7. Denna upptager även det i medeltal för 45-årsperioden 1900—1944 föreliggande antalet dagar, då

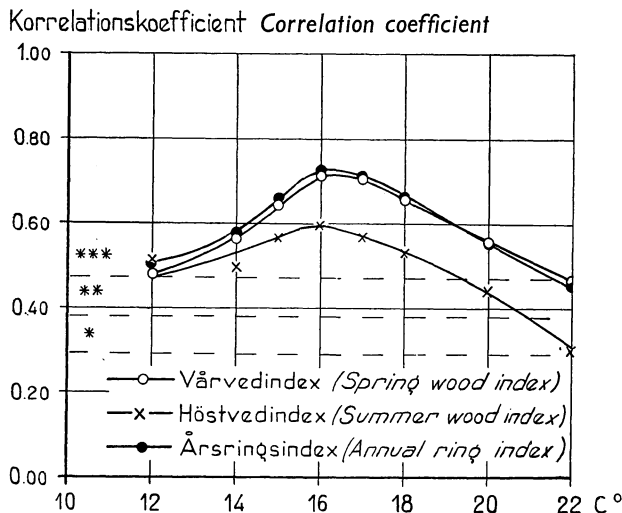


Fig. 5. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan å ena sidan vårved-, höstved- och årsringsindex, å andra sidan antalet dagar, då luftens maximitemperatur uppgått till eller överskridit de på diagrammets horisontella axel angivna gradtalen. Korrelationskoefficienternas signifikans framgå av de streckade horisontella linjerna.

Correlation coefficients for the relation between the spring wood-, summer wood- and annual ring index on the one hand, and the number of days on which the maximum atmospheric temperature has reached or exceeded the temperature indicated by the horizontal axis on the diagram, on the other hand. The significance of the correlation coefficients is shown by the broken horizontal lines.

luftens maximitemperatur uppnått eller överstigit de redovisade gradantalen liksom även dagantalets spridning.<sup>1</sup>

Korrelationskoefficienterna för sambandet mellan å ena sidan granens vårved-, höstved- och årsringsindex, å andra sidan antalet dagar med en maximitemperatur lägst uppgående till de i tab. 7 angivna gradtalen, stiga till en början med ökande temperatur till omkring  $+16^{\circ}\text{C}$ , där korrelationens styrka kulminerar för att sedan få en med stigande gradtal sjunkande tendens (jfr fig. 5). Sambandet är starkare utpräglat för vårved- än för höstvedindex. Mellan korrelationskoefficienterna för vårved- och årsringsindex råder så gott som genomgående en mycket påtaglig överensstämmelse, vilket givetvis är en följd av att vårvedelementen utgöra huvudparten — i genomsnitt 74,0 procent — av hela årsringens bredd.

Enligt det föregående äger årsringsbildningen i stor utsträckning rum under inflytande av värmetillförseln under tiden 16 maj—31 juli, således

<sup>1</sup> Alternativt har som temperaturvariabel även prövats den genomsnittliga dygnsmedeltemperaturen för perioden 16 maj—31 juli. Då denna temperaturserie korrelerades med årsringsindexserien för hela undersökningsmaterialet, erhöles korrelationskoefficienten  $+0,594^{***}$ . Som tidigare redan påpekats, leder värmesumman enligt maximitemperaturen till högre korrelationskoefficient, varför på maximitemperaturen grundade temperaturvariabler föredragits vid den regressionsanalytiska bearbetningen.



under en tidrymd av ungefär 77 dagar. Indexvärdena för olika kalenderår äro dock, som nyss framhållits, starkare korrelerade med antalet dagar med en maximitemperatur av lägst  $+16^{\circ}\text{C}$  än med värmesumman uttryckt i form av de summerade maximitemperaturerna. Detta konstaterande aktualiserar de resultat, som STÅLFELT (1923) erhållit på grundval av assimilationsförsök med gran vid olika temperaturer. Då ljusstyrkan hölls konstant vid 10 % av fullt solsken, fann STÅLFELT att assimilationens procentuella stegring för temperaturintervall om  $5^{\circ}\text{C}$  uppgick till:

Temperatur, $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	5,5—10,5	10,5—15,5	15,5—20,5	17,5—22,5
Ökning, procent . . . . .	+49	+21	+7,5	+6
Temperatur, $^{\circ}\text{C}$ . . . . .	20,5—25,5	25,5—30		
Ökning, procent . . . . .	+2	—24		

Assimilationens ökning anger därvid »ej den totala kolhydratproduktionen utan i stället den mängd av assimilat som återstår, sedan den förändrade kvantiteten frändragits. *Det är denna återstod, som kommer trädet tillgodo*» (STÅLFELT, 1923). Sammanställningen här ovan utvisar, att granens kolsyreassimilation stiger starkast vid temperaturens ökning upp till  $+15^{\circ}\text{C}$ . Enligt STÅLFELT är en fortsatt höjning till  $+25^{\circ}\text{C}$  visserligen »ej betydelselös men dock av ringa verkan» . . . Granen »synes därför ha relativt föga nytta av värmetillgång över  $+17^{\circ}$ ».

Genom senare undersökningar har STÅLFELT (1924) påvisat, att det ogynnsamma inflytandet på assimilationen av höga lufttemperaturer bland annat sammanhänger med att under varma sommardagar ett deficit i trädens vattenbalans relativt snabbt uppkommer till följd av transpirationens starka stegring med resultatet, att klyvöppningarna slutas och assimilationen avstannar. Först sedan vattenbalansen i vävnaderna återställts, vilket som regel sker nattetid, kunna klyvöppningarna på nytt öppnas och assimilationen åter taga sin början (jfr EKLUND, 1942, s. 264).

STÅLFELTS på laboratoriemässiga undersökningar grundade resultat och de på grundval av det föreliggande undersökningsmaterialet gjorda erfarenheterna överensstämma på ett anmärkningsvärt sätt såtillvida, att lufttemperaturer av omkring  $+15^{\circ}$  à  $+16^{\circ}\text{C}$  framstå som särskilt gynnsamma för granens assimilationsprocesser och därmed även för årsringsbildningen. Alltför höga lufttemperaturer skulle däremot visserligen ej vara betydelselösa i detta avseende men av proportionsvis underordnad betydelse.

Självfallet haltar en jämförelse med STÅLFELTS resultat bland annat med hänsyn till att temperaturinflytandet definierats på avvikande sätt. Att döma av resultaten från den regressionsanalytiska bearbetningen, har antalet dagar med en maximitemperatur av lägst  $+16^{\circ}\text{C}$  en gynnsammare effekt på årsringsbildningen, i samma mån som dagantalet är mer koncentrerat till ett

relativt snävt än till ett vidare variationsområde från denna undre gräns och mot högre temperaturvärden.

En starkare differentierad bild över sambandet mellan de olika indexserierna och antalet dagar med en maximitemperatur lägst uppgående till  $+16^{\circ}\text{C}$  visar de partiella korrelationskoefficienterna enligt en regression, vari index uttryckts som en funktion av antalet sådana dagar under olika halvmånadsperioder. På samma sätt som för värmesumman måste man nämligen räkna med att antalet dagar med en lägsta maximitemperatur av  $+16^{\circ}\text{C}$  under olika halvmånadsperioder ej variera helt oberoende av varandra utan äro i viss mån korrelerade. Av tab. 8, som upptager de ifrågavarande korrelationskoefficienterna, framgår att vårvedindex är starkast korrelerat med den aktuella temperaturvariabeln för senare hälften av maj samt för förra och senare hälften av juni. För samtliga övriga halvmånadsperioder föreligger ej någon signifikant korrelation. Höstvedindex' korrelation med antalet dagar med en maximitemperatur av lägst  $+16^{\circ}\text{C}$  är signifikant endast för senare hälften av maj och första hälften av juni. I övriga fall är korrelationen svag. Resultaten stå därvid i överensstämmelse med de tidigare gjorda erfarenheterna beträffande värmesummans inflytande.

Vårved-, höstved- och årsringsindex ha var för sig även korrelerats med antalet dagar med en maximitemperatur uppgående till lägst  $+16^{\circ}\text{C}$  under

**Tab. 8. Partiella korrelationskoefficienter för sambandet mellan olika index och antalet dagar med en lägsta maximitemperatur av  $+16^{\circ}\text{C}$  under skilda halvmånadsperioder.**

Partial correlation coefficients for the relation between different indexes and the number of days with a lowest maximum temperature of  $+16^{\circ}\text{C}$  during different half-monthly periods.

De partiella korrelationerna avse antalet dagar med en lägsta maximitemperatur av +16° C under vidstående perioder och The partial correlations relate to the number of days with a lowest maximum temperature of +16° C during the adjoining periods and	Antal provträd Number of sample trees	Maj May		Juni June		Juli July		Augusti August	Multipel korrelationskoefficient Multiple correlation coefficient
		I—I5	I6—3I	I—I5	I6—30	I—I5	I6—3I	I—I5	
		Partiell korrelationskoefficient Partial correlation coefficient							
Vårvedindex. . . . . Spring wood index	460	0,000	0,441**	0,324*	0,455**	0,149	0,235	—0,139	0,742***
Höstvedindex. . . . . Summer wood index	460	0,072	0,342*	0,391*	0,139	0,139	0,188	—0,078	0,638**
Årsringsindex. . . . . Annual ring index	908	—0,001	0,451**	0,361*	0,429**	0,161	0,241	—0,132	0,748***

**Tab. 9. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan vårvedindex respektive höstvedindex och antalet dagar, då luftens maximitemperatur uppgått till lägst  $+16^{\circ}\text{C}$ .**

Correlation coefficients for the relation between the spring wood index, the summer wood index and the number of days on which the maximum atmospheric temperature reached at least  $+16^{\circ}\text{C}$ .

Korrelationen avser antalet dagar $16^{\circ}\text{C}$ och The correlation relates to the number of days with $16^{\circ}\text{C}$ and	Maj May		Juni June		Juli July		Augusti August
	I—15	16—31	I—15	16—30	I—15	16—31	I—15
	Korrelationskoefficient Correlation coefficient						
Vårvedindex Spring wood index  460 provträd sample trees	0,128	0,510*** 0,566*** 0,680*** 0,702*** 0,712***	0,375* 0,518***	0,518***	0,160 0,385**	0,385**	0,216
				0,657***	0,317*		
Höstvedindex Summer wood index  460 provträd sample trees	0,190	0,420** 0,553*** 0,559*** 0,584*** 0,597***	0,446**	0,283	0,154 0,347*	0,347*	0,199
				0,557*** 0,292 0,297* 0,374* 0,533***			

Anm. Samtliga ovanstående korrelationskoefficienter äro positiva.

Note. All the above correlation coefficients are positive.

dels enskilda, dels successivt sammanslagna halvmånadsperioder. Resultaten av dessa korrelationsräkningar, som följaktligen avse en bestämning av de totala korrelationskoefficienterna, ha sammanställts i tab. 9 och 10. Den förra tabellen grundar sig på indexserierna för de 460 vår- och höstvedundersökta provträden, den senare på årsringsindexserien för såväl detta mindre material som samtliga de 908 årsringsundersökta provträden.

Tab. 9 och 10 angiva, att för de flesta halvmånadsperioderna en något starkare korrelation råder mellan å ena sidan de olika indexserierna, å andra sidan antalet dagar med en lägsta maximitemperatur av  $+16^{\circ}\text{C}$  än mellan indexserierna och värmesummorna (jfr tab. 5 och 6). Vid successiv samman-

**Tab. 10. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan årsringsindex och antalet dagar, då luftens maximitemperatur uppgått till lägst + 16° C.**

Correlation coefficients for the relation between the annual ring index and the number of days on which the maximum atmospheric temperature reached at least +16° C.

Korrelationen avser antalet dagar 16°— C och The correlation relates to the number of days with 16°— C and	Maj May		Juni June		Juli July		Augusti August
	I—15	16—31	I—15	16—30	I—15	16—31	I—15
	Korrelationskoefficient Correlation coefficient						
Årsringsindex Annual ring index  460 provträd sample trees	0,148	0,512***	0,403**	0,494***	0,167	0,396**	0,225
		0,585***					
		0,683***					
		0,707***					
		0,719***					
		0,666***					
			0,328*				
Årsringsindex Annual ring index  908 provträd sample trees	0,134	0,517***	0,402**	0,499***	0,165	0,394**	0,225
		0,588***					
		0,688***					
		0,711***					
		0,721***					
		0,668***					
			0,327*				

Anm. Samtliga ovanstående korrelationskoefficienter äro positiva.

Note. All the above correlation coefficients are positive.

slagning av på varandra följande halvmånadsperioder erhåller man ävenledes så gott som genomgående något högre korrelationskoefficienter. Detta är särskilt fallet för vårvedindexserien och årsringsindexserien. För höstved-indexserien, som ju präglas av lägre korrelationskoefficienter äro skillnaderna ej lika påtagliga. Även i detta fall erhålles de högsta korrelationskoefficienterna, då respektive indexserier korreleras med antalet dagar med en maximitemperatur av lägst + 16° C under perioden 16 maj—31 juli. Om undersökningsperioden utsträcker till att även omfatta första hälften av augusti, tenderar i samtliga fall korrelationen att avtaga i styrka.

Som kommer att framgå av den fortsatta redogörelsen, har antalet dagar med en maximitemperatur av lägst + 16° C karaktär av en variabel, som vid den regressionsanalytiska bearbetningen av undersökningsmaterialet effektivare än någon av de övriga prövade klimatvariablerna förmår återgeva granens årsringsvariationer inom det ifrågavarande breddgradsområdet. I fortsättningen benämnes denna variabel  $n_{t \text{ max. } 16^\circ}$ .

I den här ovan förda diskussionen har man utgått från hypotesen, att granens årsringsvariationer inom det aktuella breddgradsområdet i främsta rummet äro förorsakade av variationerna i värmeförseln under vår- och sommarmånaderna. De hittills framkomna resultaten äro därför att betrakta som preliminära och främst avsedda att lämna orienterande vägledning för den fortsatta undersökningen. Sambandet mellan årsringsvariationer och temperaturdata kan nämligen tänkas vara betingat av andra meteorologiska faktorer, som måste antagas vara korrelerade med värmefaktorn, såsom t. ex. nederbörden (jfr s. 35), eller av klimatiska sekundärverknningar, t. ex. i form av variationer i granens kottproduktion. Då det samlade inflytandet av dessa faktorer föres in i bilden, såsom skett i det följande, kan värmefaktorns inflytande komma att framstå i en delvis annan dager.

### **Kottproduktionens inflytande på granens årsringsvariationer**

I ett föregående arbete (EKLUND 1954) har förf. konstaterat, att granens årsringsvariationer även präglas av den år från år varierande kottproduktionen, så att en riklig tillgång på 1-årig kott verkar sänkande på årsringsindex och omvänt. Som TIRÉN (1935) funnit, påverkas kottskördens storlek i främsta rummet av temperaturförhållandena juni—augusti under knoppänlägningsåret. Särskilt betydelsefull skulle därvid julitemperaturen vara. En hög värmeförsel under den närmast föregående och efterföljande månaden förstärker enligt TIRÉN inflytandet av densamma, varjämte »en låg julitemperatur i hela landet med större säkerhet har ett dåligt kottår än en hög julitemperatur har ett gott kottår till följd». Varken temperaturförhållandena under blomningsåret liksom ej heller nederbörden under detta eller knoppänlägningsåret synes däremot spela någon mera framträdande roll för kottproduktionen. TIRÉN har även behandlat den s. k. knoppreduktionens återverknningar på kottskördens storlek och påvisat, att den av honom »undersökta norrländska grantypen på grund av knoppreduktionen vid hanblomningen icke kan blomma mycket rikt två år i följd», samt att det visserligen är »obevisat men dock högst sannolikt, att mer än ett år efter ett mycket rikt hanblomningsår kan röna märkbar påverkan av knoppreduktionen vid blomningen».

En mera ingående analys av det synbarligen komplexa sambandet mellan granens kottsättning och olika meteorologiska data faller utom ramen för den nu föreliggande undersökningen. Med hänsyn till att granens årsringsvariationer i viss utsträckning även påverkas av den år från år varierande kottproduktionen har det dock ansetts motiverat att här nedan redogöra för

**Tab. 11. Produktionen av 1-årig grankott inom breddgradsområdet 62,0°—63,9° under tiden 1898—1944.**

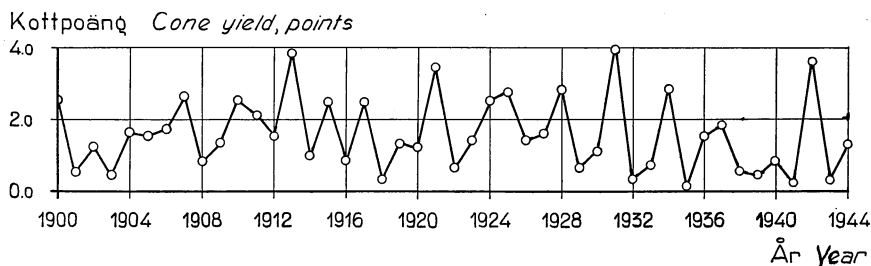
Yield of 1-year spruce cones in the latitude group 62.0°—63.9° during the period 1898—1944.

	K a l e n d e r å r Calendar year									
	...0	...1	...2	...3	...4	...5	...6	...7	...8	...9
	Tillgång på 1-årig kott, poäng Yield of 1-year cones, points									
189...	—	—	—	—	—	—	—	—	0,45	0,27
190...	2,55	0,55	1,27	0,45	1,64	1,55	1,73	2,64	0,82	1,36
191...	2,55	2,14	1,57	3,86	1,00	2,50	0,86	2,50	0,36	1,36
192...	1,21	3,47	0,68	1,42	2,53	2,79	1,42	1,61	2,83	0,67
193...	1,11	3,95	0,37	0,74	2,87	0,13	1,54	1,85	0,54	0,46
194...	0,85	0,23	3,62	0,31	1,31	—	—	—	—	—

resultaten av några korrelationsräkningar, vilka utförts mera orienteringsvis med syfte att finna en meteorologisk faktor, som förmår ersätta kottproduktionen som variabel i de s. k. klimatfunktionerna. Som underlag för dessa korrelationsräkningar har en särskild kottpoängserie måst uträknas för det aktuella breddgradsområdet. Detta har skett med ledning av det rapportmaterial, som legat till grund för skogsforskningsinstitutets årliga publikationer över skogsträdens fruktsättning (jfr litteraturförteckningen s. 55). Som resultat har erhållits den i tab. 11 och fig. 6 återgivna kottpoängserien (jfr EKLUND 1954, s. 55—57).

Granens kottpoäng för olika kalenderår grundar sig på ett jämförelsevis begränsat rapportmaterial, som särskilt för den undersökta periodens båda första decennier ej kan betecknas som fullt tillförlitligt. Kottpoängen får därför tolkas som en approximativ mätare på den år från år varierande produktionen av 1-årig kott.

För att erhålla en orientering över sambandet mellan kottproduktionen och temperaturdata har kottpoängen uttryckts som en funktion av värmesumman



**Fig. 6. Variationerna i produktionen av 1-årig grankott — uttryckt i kottpoäng — inom det aktuella breddgradsområdet under tiden 1900—1944.**

Variations in the production of 1-year spruce cones—expressed in cone yield points—within the latitude group in question during the period 1900—1944.

**Tab. 12. Partiella korrelationskoefficienter för sambandet mellan granens kottpoängserie och värmesumman enligt maximitemperaturen under olika perioder av knoppanslägningsåret.**

Partial correlation coefficients for the relation between the cone yield point series for spruce and the accumulated temperature according to the maximum temperature during different periods of the bud-formation year.

P e r i o d					
Period					
16/5—31/5	1/6—15/6	16/6—30/6	1/7—15/7	16/7—31/7	1/8—15/8
Partiell korrelationskoefficient					
Partial correlation coefficient					
— 0.109	— 0.142	+ 0.267	+ 0.406**	+ 0.143	— 0.173

Kottpoängserien avser perioden 1900—1944, temperaturserien perioden 1899—1943.

The cone yield point series relates to the period 1900—1944 and the temperature series to the period 1899—1943.

för olika halvmånadsperioder av det närmast föregående kalenderåret, således knoppanslägningsåret, varefter de partiella korrelationskoefficienterna bestämts. Resultaten av dessa beräkningar återfinnas i tab. 12.

Inom det aktuella breddgradsområdet är följaktligen tillgången på 1-årig grankott positivt korrelerad med värmetillförseln under knoppanslägningsåret företrädesvis under senare hälften av juni och första hälften av juli. En hög värmetillförsel under denna tid och speciellt då under det senare tidsavsnittet kan resultera i en riklig tillgång på kott ett år senare. Ett villkor härför är dock, att ej vissa kalamiteter inträffa i samband med blomningen eller att kottproduktionen under knoppanslägningsåret eller de närmast föregående åren ej varit onormalt hög. I senare fallet kan nämligen knoppreduk-

**Tab. 13. Korrelationskoefficienter för sambandet mellan granens kottpoäng inom breddgradsområdet 62,0°—63,9° och antalet dagar, då maximitemperaturen under knoppanslägningsåret uppgått till lägst nedanstående gradtal.**

Correlation coefficients for the relation between the cone yield points for spruce within the latitude group 62.0°—63.9° and the number of days on which the maximum temperature during the bud-formation year at least reached the temperatures set out below.

Period Period	Antalet dagar under knoppanslägningsåret med en maximitemperatur av lägst:									
	Number of days during the bud-formation year with a maximum temperature of at least:									
	+ 16°	+ 17°	+ 18°	+ 19°	+ 20°	+ 21°	+ 22°	+ 23°	+ 24°	
Korrelationskoefficient										
Correlation coefficient										
16/6—15/7	0.335*	0.332*	0.399**	0.450**	0.461**	0.526***	0.489***	0.550***	0.544***	
1/7—15/7	0.255	0.296*	0.377*	0.472**	0.487***	0.515***	0.443**	0.479***	0.452**	

Kottpoängserien avser perioden 1900—1944, temperaturserien perioden 1899—1943.

The cone yield point series relates to the period 1900—1944, and the temperature series to the period 1899—1943.

tionen verka begränsande på kottskördens storlek. Värmesumman för senare hälften av juli liksom även för augusti utövar enligt det föreliggande observationsmaterialet endast ett svagt inflytande på kottproduktionen under det närmast efterföljande kalenderåret.

Kottpoängserien har även korrelerats med antalet dagar under knopp-  
läggningsåret, då maximitemperaturen uppgått till eller överskridit olika temperaturgrader. Härvid beräknade totala korrelationskoefficienter framgå av tab. 13.

Granens kottproduktion är enligt vad tab. 13 anger starkt signifikant korrelerad med antalet dagar, då under knopp-  
läggningsåret luftens maximitemperatur uppgått till lägst omkring  $+ 21^{\circ}\text{C}$  under senare hälften av juni och första hälften av juli. Särskilt betydelsefull för kottproduktionen synes vara, att ett stort antal sådana dagar inträffar under den senare halvmånadsperioden.

Vid bestämning av de regressionsuttryck — klimatfunktioner — som enligt det följande framställts för att återgiva granens årsringsindex som en funktion av olika variabler, har det visat sig, att kottproduktionen utövar ett så påtagligt inflytande, att den bör ingå som en särskild variabel. Sannolikt uppfångar kottpoängen ett mycket komplicerat inflytande från klimatfaktorernas sida, varför samvariationen mellan årsringsindex och dessa bör framträda tydligare genom att kottpoängen användes som variabel. Vid den regressionsanalytiska bearbetningen har för övrigt prövats möjligheten att ersätta den samma med olika uttryck för temperaturförhållandena under knopp-  
läggningsåret. Resultaten av dessa prövningar ha dock givit vid handen, att så länge vi ej ha en mera detaljerad bild av de klimatiska betingelserna för granens kottsättning, de bästa resultaten erhållas, ifall den år från år varierande kottproduktionen återgives i form av en kottpoäng.

## Klimatfunktioner

Försök att utnyttja regressionsanalysens stora möjligheter för att bestämma empiriska samband mellan årsringsvariationer och meteorologiska data synes av nordiska forskare först gjorts av ERLANDSSON (1936) samt senare även av HUSTICH och ELFVING (1944). Den förres undersökningar avsåg tall i nordligaste Sverige, de båda senares samma trädslag i de nordligaste delarna av Finland. I båda fallen behandlades tallens årsringsvariationer inom områden belägna nära skogsgränsen. I det berörda avseendet — liksom i nordiska årsringsanalyser över huvud taget — har granen blivit mera styvmoderligt behandlad. Det är dock på sin plats att här erinra om, att A. WALLÉN redan 1917 på grundval av det å s. 18 omnämnda årsringsmaterialet från krono-



parken Stamnäs inom Jämtlands län fastställt en multipel korrelation mellan å ena sidan granens årsringsvariationer, å andra sidan »temperaturen i maj + juni samma år . . . , nederbörden i maj + juni . . . temperaturen i augusti + september föregående år», varvid den multipla korrelationskoefficienten befanns uppgå till 0,80, som »ju är ett ganska ansevärt värde» (WALLÉN, 1917). Såvitt förf. kunnat finna, är detta första gången som den mera avancerade korrelationsanalysen tillämpats på en problemställning av ifrågavarande slag.

Ett värdefullt bidrag till kännedomen om rödgranens årsringsvariationer i Danmark har lämnats av HOLMSGAARD (1955), som fann, att dessa kunna uttryckas som en funktion av nederbörden under maj, juni och juli samt — med undantag för en av de sju undersökta lokalerna — dessutom index för årsringen under närmast föregående kalenderår. HOLMSGAARD har härlett en regression för varje undersökningslokal. De erhållna multipla korrelationskoefficienterna redovisas till lägst 0,57 och högst 0,72. För fyra av lokalerna har ett värde av 0,61 å 0,62 erhållits. Något starkare utpräglat samband kan följaktligen ej anses föreligga mellan granens årsringsvariationer och de valda klimatvariablerna. Vi skola emellertid i fortsättningen återkomma till de av HOLMSGAARD framlagda resultaten.

För att underlätta den regressionsanalytiska bearbetningen har observationsmaterialet i viss omfattning överförts till hålkort. Vid fastställandet av de olika regressionsfunktionerna har givetvis årsringsindex ( $\bar{a}_i$ , %) genomgående utgjort beroende variabel. Enligt erfarenheterna från de föregående korrelationsräkningarna stod det vid valet av de oberoende variablerna från början klart, att lufttemperaturen — uttryckt antingen i form av de summerade maximitemperaturerna eller också som antalet dagar med en viss lägsta maximitemperatur — var självskriven som oberoende »huvudvariabel». I funktionerna medtogos emellertid även variabler karakteriserande nederbörden liksom även kottpoängen. Det ligger i regressionsanalysens natur, att bearbetningen i ett fall som detta blir av tidskrävande natur även vid en begränsad uppsättning variabler — övervägande antalet funktioner ha härletts med utgångspunkt från fem oberoende variabler. Det visade sig nämligen nödvändigt att försöksvis pröva icke blott kombinationer mellan vissa av variablerna utan även olika alternativa perioder både av det aktuella och närmast föregående kalenderåret.

Med utgångspunkt från det föreliggande observationsmaterialet ha inalles ett 30-tal funktioner bestämts. Vi ha emellertid här endast anledning att uppehålla oss vid de av dessa »klimatfunktioner», vilka leda till den största överensstämmelsen mellan de observerade och enligt funktionen beräknade årsringsindexvärdena. Följande funktion har därvid befunnits lämna det bästa resultatet:

$$\begin{aligned} \hat{a}_i = & 105,88 + 0,9525 \times n_{t \text{ max. } 16^\circ} - 3,185 \times k_n - 2,381 \times k_{n-1} - \\ & - 0,04247 \times \Sigma t_{\text{max } (n-1)} - 0,05126 \times \Sigma N \dots\dots\dots \text{K: 1} \end{aligned}$$

I funktionen betecknar:

$\hat{a}_i$	Årsringsindex för det aktuella kalenderåret ( $n$ ) uttryckt i procent.
$n_{t \text{ max } 16^\circ}$	Antalet dagar (st) under perioden 16 maj—31 juli av det aktuella kalenderåret, då luftens maximitemperatur varit lägst $+16^\circ \text{C}$ .
$k_n$	Kottproduktionen — uttryckt i kottpoäng — för det aktuella kalenderåret.
$k_{n-1}$	Kottproduktionen — uttryckt i kottpoäng — för det närmast föregående kalenderåret.
$\Sigma t_{\text{max } (n-1)}$	De summerade dagliga maximitemperaturerna för tiden 16 juli—31 augusti under det närmast föregående kalenderåret.
$\Sigma N$	Summa nederbörd — uttryckt i millimeter — för tiden 1 december under det närmast föregående kalenderåret fram till den 15 maj under det aktuella.

Statistiska data för funktion K:1 framgå av tab. 14. I funktionen ingår den av samtliga prövade nederbördsvariabler, som konstaterats ha det starkaste inflytandet vid bestämning av årsringsindex. Enligt tab. 14 är dock ej den ifrågavarande variabeln signifikant skild från 0, varför den utesluts. Vid uträkning av den sålunda avkortade funktionen har som resultat erhållits:

$$\begin{aligned} \hat{a}_i = & 99,41 + 0,9188 \times n_{t \text{ max } 16^\circ} - 3,129 \times k_n - 2,405 \times k_{n-1} - \\ & - 0,04282 \times \Sigma t_{\text{max } (n-1)} \dots\dots\dots \text{K: 2} \end{aligned}$$

Data för denna funktion framgå av tab. 15. En jämförelse mellan enligt observationsmaterialet föreliggande och med ledning av funktionerna K:1 och K:2 beräknade värden på årsringsindex återfinnas i fig. 7 och 8 respektive.

Tecknen framför regressionskoefficienterna i funktionerna K:1 och K:2 angiva, att årsringsindex endast är positivt korrelerad med variabeln  $n_{t \text{ max } 16^\circ}$ . Ett stort antal dagar med en maximitemperatur av lägst  $+16^\circ \text{C}$  under 77-dagarsperioden 16 maj—31 juli medför således vid ett konstant inflytande av de övriga variablerna ett högt värde på årsringsindex och omvänt. Inflytandet av samtliga de övriga variablerna är däremot negativt, d. v. s. höga värden på dessa medför en sänkning av årsringsindex.

Som påvisats i ett föregående avsnitt äger granens årsringsbildning inom det aktuella breddgradsområdet rum under inflytande av främst temperaturförhållandena under den jämförelsevis korta tiden 16 maj—30 juni. Värmetillförseln under de närmast efterföljande halvmånadsperioderna är visserligen ej betydelselös, men synes ha en förhållandevis ringa verkan på årsringens

Tab. 14. Statistiska data för funktion K: I.  
Statistical data for the function K: I.

Variabel..... Variable	$\hat{a}_i$	$n_{i \max 16^\circ}$	$k$		$\Sigma t_{\max}$	$\Sigma N$
Sort..... Sort	%	Antal da- gar, st	Kottpoäng		Celsius- grader	Millimeter
		Number of days	Cone yield, points		Degrees Celsius	Millimetres
Variabeln avser år... The variable refers to the year	$n$	$n$	$n$	$n-1$	$n-1$	$(n-1)-n$
Tid av året..... Period of the year	—	16/5—31/7	—	—	16/7—31/8	1/12—15/5
Regressionskoefficien- ter ( $b$ ).....	—	+ 0,9525	— 3,185	— 2,381	— 0,04247	— 0,05126
Regression coefficients ( $b$ )						
Regressionskoefficien- ternas medelfel ( $\epsilon_b$ )..	—	0,1350	1,120	1,047	0,01305	0,03153
Standard error of the regres- sion coefficients ( $\epsilon_b$ )						
Partiella korrelations- koefficienter.....	—	+ 0,749***	— 0,414**	— 0,342*	— 0,462**	— 0,252
Partial correlation coeffi- cients						
Spridning { medeltalet kring { average	11,8	—	—	—	—	—
Standard { funktionen deviation { function				6,8		
Multipel korrelations- koefficient.....				0,838***		
Multiple correlation coefficient						

Konstanten  $a$  har värdet 105,88.  
The constant  $a$  has the value 105.88.

storlek. Det har därför prövats att i regressionerna ersätta variabeln  $n_{i \max 16^\circ}$  med motsvarande antal dagar för den nyssnämnda kortare perioden. Härvid erhöles dock ett påtagligt sämre resultat än då variabeln avsåg hela 77-dagars-perioden. Antalet dagar under densamma med en maximitemperatur mellan 12,0° och 15,9° C visade sig ej ha något signifikant inflytande på årsrings-index liksom ej heller antalet dagar, då maximitemperaturen under tiden 1—15 juli uppgått till lägst + 21° C. Då såväl variabeln  $n_{i \max 16^\circ}$  som de summerade dagliga maximitemperaturerna samtidigt använts som uttryck för värmetillförseln under tiden 16 maj—31 juli, konstaterades den förra variabeln utöva ett starkt dominerande inflytande. Någon effekt av antalet dagar med en maximitemperatur av lägst + 16° C under tiden 16 maj—31 juli av det närmast föregående kalenderåret har icke kunnat påvisas ens i de fall, då variablerna för kottproduktionen medtagits i regressionerna.

Tab. 15. Statistiska data för funktion K: 2.

Statistical data for the function K: 2.

Variabel..... Variable	$\hat{a}_i$	$n_{i \max. 16^\circ}$	$\overbrace{k \quad k}$		$\Sigma t_{\max.}$
Sort..... Sort	%	Antal da- gar, st. Number of days	Kottpoäng Cone yield, points		Celsius- grader Degrees Celsius
Variabeln avser år..... The variable refers to the year		$n$	$n$	$n-1$	$n-1$
Tid av året..... Period of the year	—	16/5—31/7	—	—	16/7—31/8
Regressionskoefficienter ( $b$ ) ..... Regression coefficients ( $b$ )	—	+ 0,9188	— 3,129	— 2,405	— 0,04282
Regressionskoefficienternas medel- fel ( $\epsilon_b$ )..... Standard error of the regression coefficients ( $\epsilon_b$ )	—	0,1361	1,143	1,068	0,01332
Partiella korrelationskoefficienter .. Partial correlation coefficients	—	+ 0,730***	— 0,397**	— 0,336*	— 0,453**
Spridning kring Standard deviation from the	{ medeltalet average funktionen function	11,8	—	—	—
		..... 7,0			
Multipel korrelationskoefficient.... Multiple correlation coefficient	..... 0,826***				

Konstanten  $a$  har värdet 99,41.The constant  $a$  has the value 99.41.

I detta sammanhang kan det vara lämpligt att taga upp den andra i funktionen ingående temperaturvariabeln, nämligen  $\Sigma t_{\max (n-1)}$  till diskussion. Variabeln uttrycker, som nämnts, värmesumman enligt de summerade dagliga maximitemperaturerna för perioden 16 juli—31 augusti under det närmast föregående kalenderåret. Observeras bör att regressionskoefficienten framför variabeln i funktionerna K:1 och K:2 har negativt förtecken, d. v. s. en hög värmetillförsel under eftersommaren har en sänkande effekt på årsringsindex för det närmast efterföljande kalenderåret. I de nämnda funktionerna utmärkes, som framgår av tab. 14 och 15, den partiella korrelationskoefficienten för den ifrågavarande variabeln av en förhållandevis hög signifikans\*\*. Ett likartat inflytande på årsringsbredden av »den föregående sensommarens temperatur» har tidigare konstaterats av A. WALLÉN (1917).

Variabelns negativa inflytande på årsringsindex står antagligen i samband med att en hög värmetillförsel, sedan bildandet av vårved- och i viss utsträckning även höstvedelementet väl är avslutat, medför en starkare för-

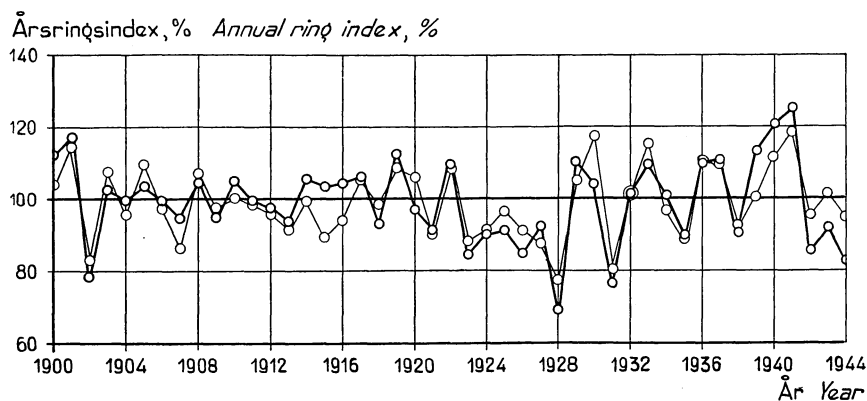


Fig. 7. Jämförelse mellan årsringsindex enligt hela observationsmaterialet (samtliga träd-klasser, representerade av 908 st. provträd från 69 st. provtytor) och enligt funktion K:1 beräknade, vilka senare markeras av de finare rundlarna och sammanbindningslinjerna.

Comparison between the annual ring index according to the whole of the observation material (all tree classes represented by 908 sample trees from 69 sample plots) calculated in accordance with the function K:1, the latter being indicated by the thinner circles and interconnecting lines.

brukning av successivt nybildade och i vävnaderna eventuellt redan upplagrade assimilat. Dessa skulle därvid tagas i anspråk icke blott för de stegrade livsprocesserna utan även för anläggning av knoppar för följande års skott och blommor liksom även för rötternas tillväxt. Härigenom kan ett underskott tänkas uppkomma i fråga om de assimilatmängder, som stå till förfogande för årsringsbildningen vid vegetationsperiodens början följande vår (jfr s. 43—44).

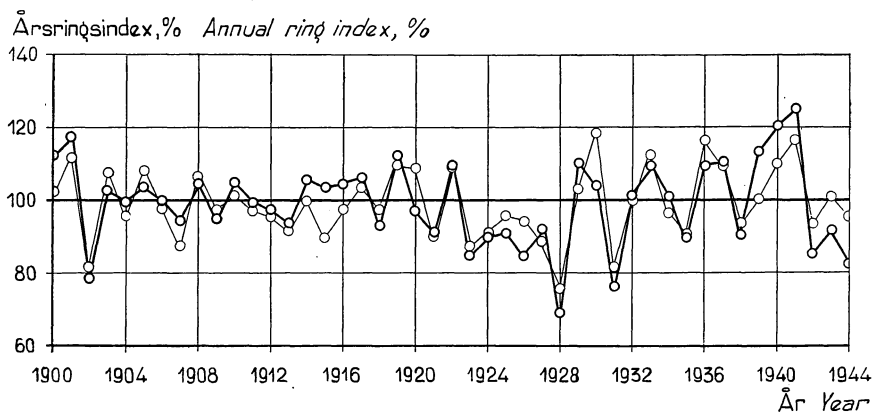


Fig. 8. Jämförelse mellan årsringsindex enligt hela observationsmaterialet och enligt funktion K:2 beräknade, vilka senare markeras av de finare rundlarna och sammanbindningslinjerna.

Comparison between the annual ring index according to the whole of the observation material calculated in accordance with the function K:2, the latter being indicated by the thinner circles and interconnecting lines.

Försök att i stället för variabeln  $\Sigma t_{\max (n-1)}$  använda antalet dagar, då maximitemperaturen för den aktuella perioden uppgått till olika alternativa gradtal, ha lett till sämre resultat. Detsamma har varit förhållandet, då annan periodlängd prövats.

Av variablerna för kottproduktionen under det aktuella och närmast föregående kalenderåret, således  $k_n$  och  $k_{n-1}$  respektive, utövar som tab. 14 och 15 utvisa, särskilt den förra ett förhållandevis starkt inflytande på årsringsindex. Den senare har visserligen en svagare inverkan men är dock långt ifrån betydelselös. Regressionskoefficienten föregås i bådaddera fallen av negativt tecken, vilket anger, att en riklig tillgång på kott under det aktuella eller närmast föregående kalenderåret verkar sänkande på årsringsindex. Däremot har kottproduktionen för två år sedan konstaterats vara utan inflytande, då uppsättningen variabler enligt funktionerna K:1 och K:2 kompletterats med en särskild variabel (således  $k_{n-2}$ ) för densamma.

Enär sambandet mellan kottproduktion och årsringsindex redan berörts i ett föregående kapitel, ha vi här ej anledning ytterligare diskutera detta spörsmål utan inskränka oss till att understryka, att de direkta uttrycken för kottproduktionen i form av kottpoäng leda till starkare samband än då dessa variabler ersätts med uttryck för temperaturförhållandena under respektive knoppänläggningsår. Med hänsyn till att kottpoängen grundar sig på en serie subjektiva skattningar är det rimligt antaga, att en på objektiva grunder utförd bestämning av kottskördens faktiska storlek skulle leda till starkare utpräglade samband än de, som nu erhållits enligt kottpoängserien.

Det måste betecknas som anmärkningsvärt, att ett klart uttryck för ett samband mellan granens årsringsvariationer och nederbörden inom det ifråga-varande breddgradsområdet ej framkommit vid bearbetningen. Som ovan framhållits ingår i funktion K:1 den nederbördsvariabel, som av samtliga prövade uttryck för nederbörden antingen före eller under den period, då årsringsbildningen i huvudsak äger rum — inalles 13 st. olika nederbördsvariabler — visat sig vara starkast korrelerad med årsringsindex. Regressionskoefficienten för variabeln ifråga är, som framgår av tab. 14, ej signifikant skild från 0. Av regressionen kan man möjligen utläsa, att nederbörden under vintern och våren ej är helt betydelselös för årsringsbildningen. En hög nederbörd under denna tid skulle därvid överraskande nog ha en svagt sänkande effekt på årsringsindex. I samtliga regressioner, i vilka nederbörden i en eller annan form ingår som variabel, har för övrigt utan undantag negativ regressionskoefficient erhållits för denna variabel. Detta kan tänkas innebära, att de använda temperaturvariablerna ej helt förmått uppfånga temperaturinflytandet, varför en återstående del av detta inflytande tager sig uttryck i ett negativt partialsamband med nederbörden.

Temperaturen och nederbörden måste förutsättas ej variera oberoende av

varandra utan vara inbördes negativt korrelerade. Som exempel kan nämnas att enligt det använda meteorologiska observationsmaterialet har för sambandet mellan den totala nederbörden och värmesumman enligt maximitemperaturen för tiden 16 maj—30 juni erhållits korrelationskoefficienten  $-0,430^{**}$ . Vid förlängning av undersökningsperioden till att även omfatta hela juli sjönk korrelationskoefficienten till  $-0,272$ . Om i stället antalet dagar med en maximitemperatur av lägst  $+16^{\circ}\text{C}$  användes som temperaturvariabel, visade sig korrelationens styrka vara praktiskt taget densamma med koefficientvärdena  $-0,434^{**}$  och  $-0,310^{*}$  respektive.

Vid sidan av nederbörden under såväl hela den nyssnämnda 77-dagarsperioden som delar av densamma har även undersökts, om en samtidigt inträffande hög nederbörd och hög lufttemperatur utövat ett gynnsamt inflytande på årsringsindex. Härvid har som variabel använts produkten av summa nederbörd och antalet dagar med en lägsta maximitemperatur av  $+16^{\circ}\text{C}$  under tiden 16—31 maj, 1—15 juni och 16—30 juni. Något påvisbart inflytande på årsringsindex erhöles emellertid ej, liksom ej heller då vid sidan av variabeln  $\Sigma N$  (jfr tab. 14) produkten av summa nederbörd och antalet dagar med en maximitemperatur av lägst  $+16^{\circ}\text{C}$  under hela tiden 16 maj—31 juli använts som en särskild variabel. Ytterligare har, dock utan resultat, som variabel prövats kvoten av värmesumman enligt maximitemperaturen och nederbörden under den nyssnämnda perioden.

Enär HOLMSGAARD (1955) påvisat, att granens årsringsvariationer i Danmark äro relativt starkt beroende av variationerna i nederbörd under juni och juli, måste det anses egendomligt, att nederbörden befunnits ej ha något starkare inflytande på granens årsringsindex inom breddgradsområdet i fråga. Detta får väl närmast tolkas så, att den fuktighet, som här även under nederbördsfattiga somrar står till granens förfogande, är tillräcklig för assimilationsprocesserna under den tid, då årsringsbildningen i huvudsak äger rum. Beträffande frågan, huruvida fuktighetsförhållandena i marken utöva något mera markerat inflytande på granens årsringsvariationer inom norra Sverige, erinras om ett av förf. tidigare gjort uttalande, nämligen »... för granens del synes därför vattentillgången i marken, oaktat denna utövar ett mycket markerat inflytande på årsringsbreddens absoluta nivå, ej i nämnvärd grad återverka på dennas klimatiskt betingade variation» (EKLUND 1954, s. 125).

## Klimatfunktioner vid differentiering av årsringsmaterialet på trädklasser

Den regressionsanalytiska bearbetningen genomfördes ursprungligen på grundval av hela det tillgängliga årsringsmaterialet från det aktuella bredd-

**Tab. 16. Antal provträd, konstantvärden i utjämningsfunktionen för årsringsbreddens åldersavtagande samt korrelationskoefficienter mellan årsringsindexserierna för olika trädklasser.**

Number of sample trees, values of the constants in the function for age decrease in the annual ring width and the correlation coefficients between the annual ring index series for different tree classes.

Träd- klass  Tree class	Antal provträd  Number of sample trees	Konstantvärden i funktionen  Values of the con- stants in the function  $y = a + b \times \frac{1}{x - k}$			Trädklass Tree class				Årsrings- index spridning %  Standard deviation of annual ring index %
					1	2	3	4	
		a	b	k	Korrelationskoefficienter för årsringsindexserier <sup>2)</sup> Correlation coefficients for annual ring index series <sup>2)</sup>				
1	236	— 9,996	9 021,4	1821	—	0,936	0,880	0,696	13,1
2	176	25,776	3 680,5	1821	0,936	—	0,893	0,781	13,5
3	214	35,180	1 541,3	1837	0,880	0,893	—	0,882	11,8
4	282	20,982	730,6	1861	0,696	0,781	0,882	—	11,5

Trädklass Tree class 1 = Härskande träd Dominant trees

» » » 2 = Medhärskande träd Co-dominant trees

» » » 3 = Behärskade träd Dominated trees

» » » 4 = Undertryckta träd Overtopped trees

<sup>1)</sup> Jfr s. 11. <sup>2)</sup> Korrelationskoefficienterna äro positiva och signifikanta enligt \*\*\*.

See page 11. The correlation coefficients are positive and significant according to \*\*\*.

gradsområdet. Man kan dock ej utan vidare utgå från att alla träd, oberoende av deras ställning inom beståndets kronskikt, registrera det direkta klimatinflytandet och de klimatiska sekundärverkningarna (EKLUND 1954, s. 38), av dessa främst då variationerna i kottproduktionen på ett fullt likformigt sätt. Det finns nämligen anledning antaga, att träden i de högsta kronskikten, där vanligen en betydande del av den assimilerande barmmassan under klara sommardagar är utsatt för direkt solljus, ej reagera för klimatinflytandet på ett fullt likartat sätt som träden i det lägsta kronskiktet, vilkas assimilation äger rum under ett som regel avsevärt knappare ljusflöde. Erfarenhetsmässigt vet man, att kottproduktionen till huvudsaklig del bäres upp av träden i de översta kronskikten, medan de lägre antingen ej alls eller endast i mycket ringa grad bidraga till densamma.

Samtliga de 908 st. provträd, vilkas årsringar ingå i det aktuella observationsmaterialet, ha vid fältarbetet registrerats på endera av följande fyra trädklasser:

Trädklass 1 = Härskande träd

» 2 = Medhärskande träd

» 3 = Behärskade träd

» 4 = Undertryckta träd



Tab. 17. Årsringsindex för olika trädklasser.

Annual ring index for different tree classes.

År Year	Trädklass Tree class					År Year	Trädklass Tree class				
	1	2	3	4	1—3		1	2	3	4	1—3
	Årsringsindex, procent Annual ring index, per cent						Årsringsindex, procent Annual ring index, per cent				
1900	111	112	113	109	111	1923	86	85	86	86	86
1901	118	117	115	113	117	1924	91	87	93	92	91
1902	76	76	78	86	76	1925	98	91	89	86	94
1903	99	102	106	103	102	1926	89	85	83	84	86
1904	99	100	101	98	100	1927	98	91	91	89	94
1905	107	104	103	94	105	1928	71	66	69	72	69
1906	104	100	97	92	101	1929	112	107	116	112	112
1907	96	94	93	91	95	1930	107	101	111	103	106
1908	107	105	105	97	106	1931	76	73	82	82	77
1909	97	95	93	90	96	1932	101	97	108	107	102
1910	110	104	103	98	107	1933	113	106	113	113	111
1911	101	101	96	98	100	1934	99	99	108	107	102
1912	98	99	95	100	97	1935	87	90	94	100	90
1913	89	93	97	102	92	1936	111	112	112	115	112
1914	104	110	103	108	105	1937	111	112	113	117	112
1915	99	106	104	112	102	1938	89	92	92	99	91
1916	100	104	104	117	102	1939	117	123	112	110	117
1917	101	107	108	115	105	1940	129	132	118	111	126
1918	87	94	95	104	91	1941	138	137	121	110	132
1919	111	111	116	115	113	1942	88	89	88	85	88
1920	99	97	95	100	97	1943	95	96	94	91	95
1921	89	95	92	93	91	1944	87	90	85	81	87
1922	108	111	114	111	111						

De olika trädklasserna definieras därvid i relation till den aritmetiska medelhöjden av de omkring 5 grövsta träden på provytan, varvid de härskande träden nå en höjd, som lägst uppgår till  $\frac{5}{6}$  av ifrågavarande medelhöjd. De medhärskande träden intaga höjdområdet  $\frac{2}{3}$ — $\frac{5}{6}$  och de behärskade träden  $\frac{1}{2}$ — $\frac{2}{3}$  av densamma. De undertryckta trädens toppar nå maximalt upp till  $\frac{1}{2}$  av de grövsta trädens medelhöjd.

I enlighet med den för varje enskilt provträd vid fältarbetet åsatta trädklassen har provträdsmaterialet sorterats på trädklasser, varefter för var och en av dessa medelårsringsbredden uträknats kalenderårsvis för tiden 1900—1944. De sålunda erhållna fyra årsringsserierna redovisas grafiskt i fig. 9—12 (undre diagrammet). På analogt sätt som för hela årsringsmaterialet har sedan årsringsbreddens åldersavtagande eliminerats och årsringsindexserier fastställts för de olika trädklasserna. De för elimineringen erforderliga utjämningsfunktionerna framgå av tab. 16, medan årsringsindexserierna redovisas numeriskt i tab. 17 och grafiskt i fig. 9—12 (övre diagrammet). Enligt den förra tabellen representeras trädklass 4, d. v. s. de som undertryckta rubricerade träden, av det största antalet provträd. I viss mån beror detta på det

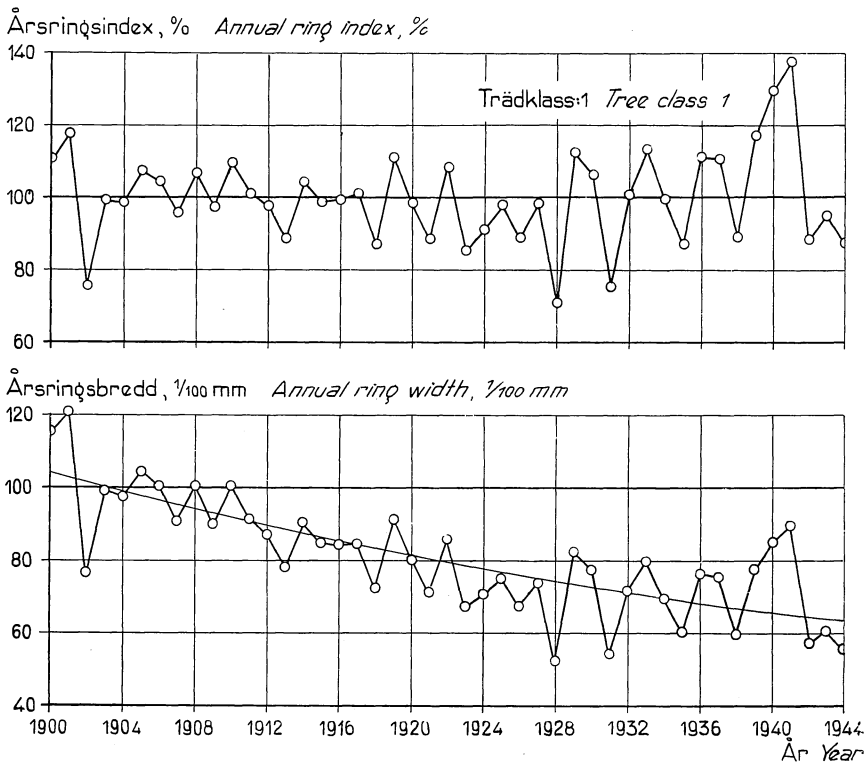


Fig. 9. Årsringens genomsnittliga bredd, årsringsseriens åldersavtagande samt årsrings-index (övre diagrammet) för de 236 st. provträden tillhörande trädklass 1.

Annual ring's average width, annual ring series age decrease and annual ring index (upper diagram) for the 236 sample trees belonging to tree class 1.

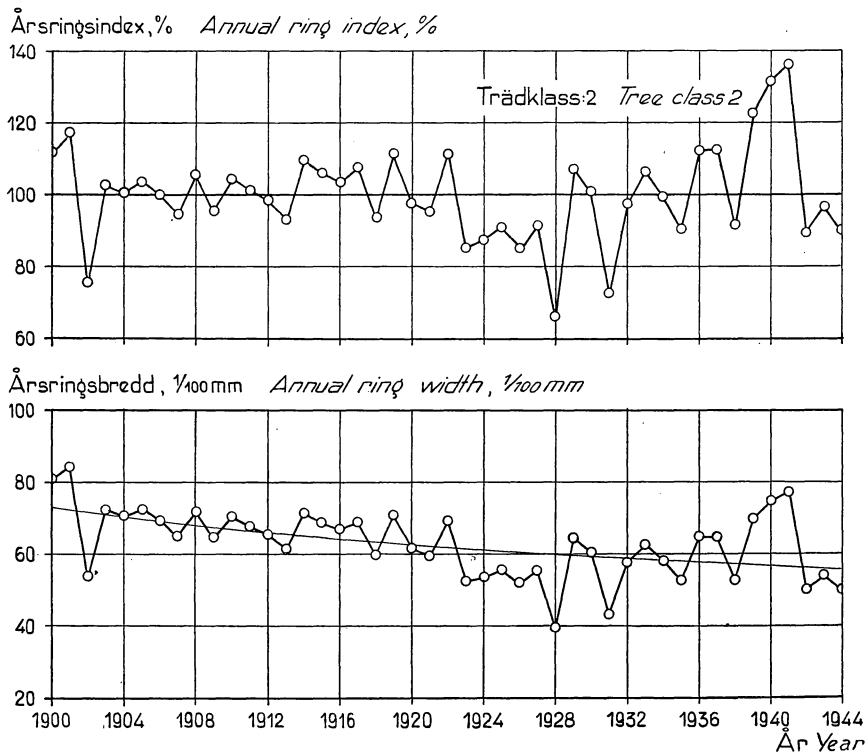


Fig. 10. Årsringens genomsnittliga bredd, årsringsseriens åldersavtagande samt årsrings-index (övre diagrammet) för de 176 st. provträden tillhörande trädklass 2.

Annual ring's average width, annual ring series age decrease and annual ring index (upper diagram) for the 176 sample trees belonging to tree class 2.

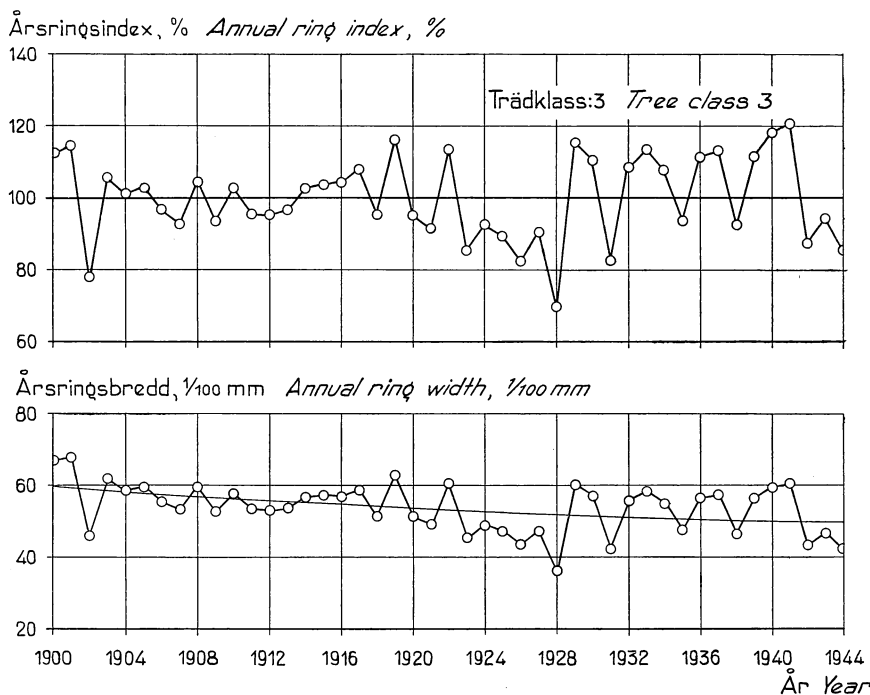


Fig. 11. Årsringens genomsnittliga bredd, årsringsseriens åldersavtagande samt årsringsindex (övre diagrammet) för de 214 st. provträden tillhörande trädclass 3.

Annual ring's average width, annual ring series age decrease and annual ring index (upper diagram) for the 214 sample trees belonging to tree class 3.

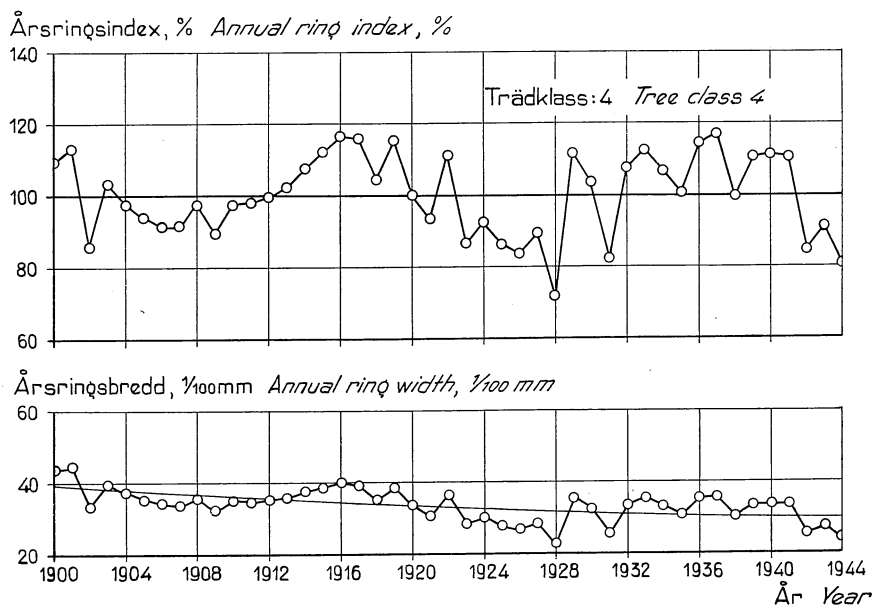


Fig. 12. Årsringens genomsnittliga bredd, årsringsseriens åldersavtagande samt årsringsindex (övre diagrammet) för de 282 st. provträden tillhörande trädclass 4.

Annual ring's average width, annual ring series age decrease and annual ring index (upper diagram) for the 282 sample trees belonging to tree class 4.

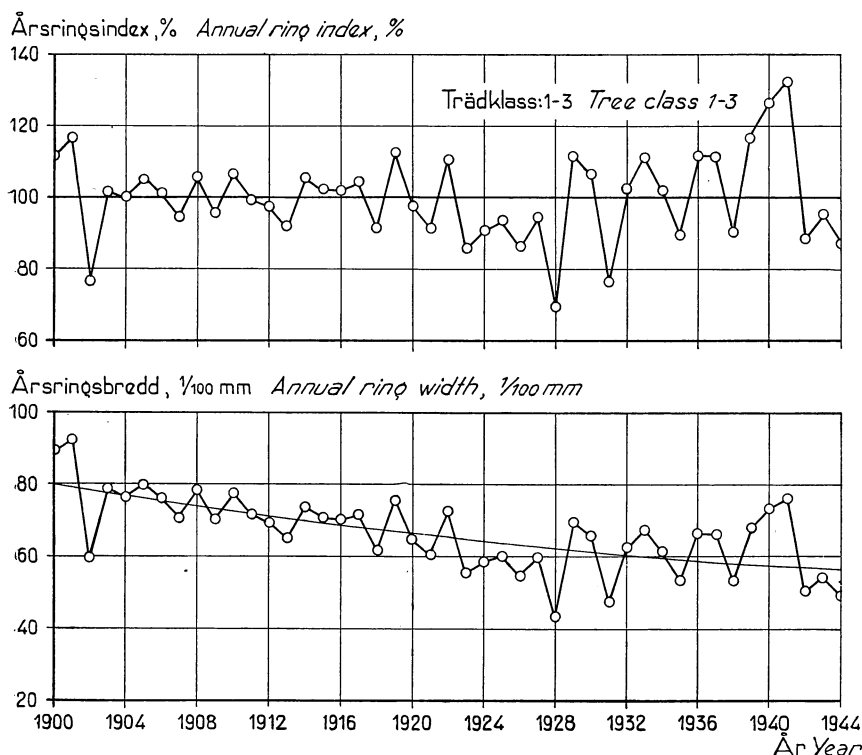


Fig. 13. Årsringens genomsnittliga bredd, årsringsseriens åldersavtagande samt årsringsindex (övre diagrammet) för de 626 st. provträden tillhörande trädklasserna 1—3.  
Annual ring's average width, annual ring series age decrease and annual ring index (upper diagram) for the 626 sample trees belonging to tree classes 1—3.

vid uppskattningen av provytorna i orörd skog tillämpade tillvägagångssättet för uttagandet av provträden. Dessa skulle nämligen uttagas objektivt bland de av träden på provytan, vilka vid stamräkningen konstaterats ej vara behäftade med vissa sjukdomar, skador eller tekniska felaktigheter. Enär frekvensen sådana träd i orörd skog som regel är mindre bland de undertryckta träden än bland de övriga trädklasserna, komma de förra att i undersökningsmaterialet bli representerade av ett oproportionerligt stort antal årsringsundersökta provträd. I stort sett måste dock antalet provträd inom samtliga de fyra trädklasserna betecknas som tillräckligt för att åtminstone i stora drag återge årsringsvariationerna för träden inom de olika kronskikten.

För att erhålla ett objektivt mått på samvariationen mellan årsringsindexserierna för de olika trädklasserna ha korrelationskoefficienterna för olika kombinationer av trädklasser bestämts. Resultaten av dessa korrelationsräkningar framgå av tab. 16, enligt vilken den högsta samvariationen föreligger mellan årsringsindexserierna för trädklasserna 1 och 2. Mellan den förra och

Tab. 18. Statistiska data för funktion K: 3.

Statistical data for the function K: 3.

Variabel..... Variable	$d_i$	$n_t$ max. 16°	$\bar{h}$		$\Sigma t_{\max.}$	$\Sigma N$
Sort..... Sort	%	Antal dagar, st. Number of days	Kottpoäng Cone yield, points		Celsius- grader Degrees Celsius	Millimeter Millimetres
Variabeln avser år... The variable refers to the year	$n$	$n$	$n$	$n-1$	$n-1$	$(n-1)-n$
Tid av året..... Period of the year	—	16/5—31/7	—	—	16/7—31/8	1/12—15/5
Regressionskoefficienter (b)..... Regression coefficients (b)	—	+ 1,0381	— 3,510	— 2,829	— 0,04053	— 0,05918
Regressionskoefficienternas medelfel ( $e_b$ ) Standard error of the regression coefficients ( $e_b$ )	—	0,1360	1,128	1,054	0,01314	0,03176
Partiella korrelationskoefficienter..... Partial correlation coefficients	—	+ 0,774***	— 0,446**	— 0,395*	— 0,443**	— 0,286
Spridning kring Standard deviation from the	medeltalet average	12,5	—	—	—	—
funktionen function	.....	.....	.....	6,9	.....	.....
Multipel korrelationskoefficient..... Multiple correlation coefficient	.....	.....	.....	0,854***	.....	.....

Konstanten  $a$  har värdet 103,31.The constant  $a$  has the value 103.31.

Funktionen avser trädklasserna 1—3.

The function relates to the tree classes 1—3.

trädklass 3 är korrelationen något lägre eller av samma styrkegrad som mellan trädklasserna 2 och 3. Trädklass 4 uppvisar en utpräglat hög samvariation endast med den senare av dessa båda, medan korrelationen blir avsevärt lägre, då jämförelsen utsträcker till att avse trädklass 2 och i all synnerhet till trädklass 1. En okulär jämförelse mellan årsringsindexserierna enligt fig. 9—12 ger tydligt vid handen, att dessa successivt ändra karaktär från trädklass 1 till trädklass 4, för vilken senare indexserien framstår som i viss mån särpräglad. Särskilt anmärkningsvärda skillnader i årsringsindex föreligga därvid för t. ex. kalenderåren 1912—1917 och 1938—1941.

Årsringsserien för trädklass 4 har följaktligen registrerat det direkta klimatinflytandet jämte de klimatiska sekundärverkningarna på ett något annorlunda

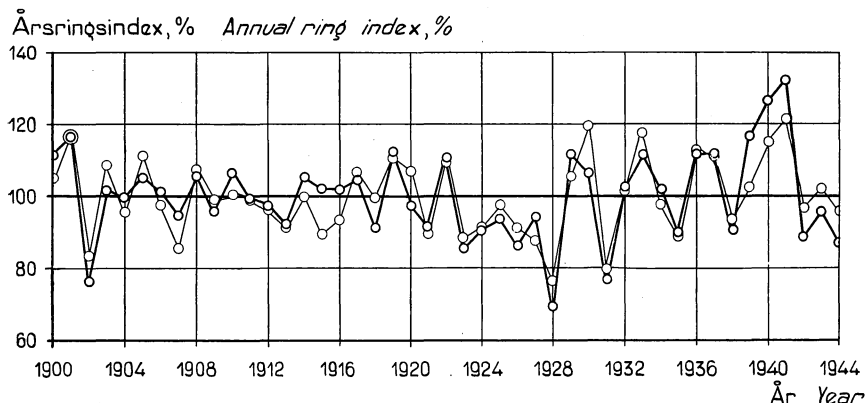


Fig. 14. Jämförelse mellan årsringsindex för trädklasserna 1—3 (626 st. provträd från 69 st. provytor) och enligt funktion K:3 beräknade, vilka senare markeras av de finare rundlarna och sammanbindningslinjerna.

Comparison between the annual ring index for tree classes 1—3 (626 sample trees from 69 sample plots) calculated in accordance with the function K:3, the latter being indicated by the thinner circles and the interconnecting lines.

sätt än de övriga trädklasserna, särskilt då trädklasserna 1 och 2. Enligt det föregående måste den ifrågavarande trädklassen betraktas som överrepresenterad i undersökningsmaterialet. Härtill kommer att trädklass 4 endast torde svara för en jämförelsevis ringa del av granens totala tillväxt inom det aktuella breddgradsområdet. Dess betydelse torde för övrigt undan för undan komma att minska i samma mån som låggallringarna öka i omfattning. På grund av vad nu sagts har det ansetts motiverat att bestämma klimatfunktioner av samma typ som regressionsuttrycken K:1 och K:2 men uteslutande baserade på det för trädklasserna 1—3 föreliggande årsringsmaterialet. Den för uträkning av årsringsindex erforderliga funktionen för åldersavtagandet (jfr s. 11) har genom numerisk utjämning av årsringsserien fastställts till:

$$y = 17,356 + 4\,582,0 \times \frac{1}{x - 1827}$$

Årsringsindexserien för trädklasserna 1—3 återges numeriskt i tab. 17 liksom även grafiskt i fig. 13.

Genom regressionsanalytisk bearbetning av årsringsindexserien för trädklasserna 1—3 i förening med de oberoende variabler, som kommit till användning för bestämning av funktion K:1, har följande funktion erhållits:

$$\begin{aligned} a_i = & 103,31 + 1,0381 \times n_{t \max 16^\circ} - 3,510 \times k_n - 2,829 \times k_{n-1} - \\ & - 0,04053 \times \sum t_{\max (n-1)} - 0,05918 \times \Sigma N \dots\dots\dots K:3 \end{aligned}$$

För funktionen utmärkande data ha sammanställts i tab. 18. Vid  $t$ -prov erhåller man nu något högre värden än för motsvarande variabler i funktion

Tab. 19. Statistiska data för funktion K: 4.

Statistical data for the function K: 4.

Variabel..... Variable	$\hat{a}_i$	$n_{i \text{ max. } 16^\circ}$	$k$	$k$	$\Sigma t_{\text{max.}}$
Sort..... Sort	%	Antal dagar, st Number of days	Kottpoäng Cone yield, points		Celsius- grader Degrees Celsius
Variabeln avser år..... The variable refers to the year			$n$	$n-1$	$n-1$
Tid av året..... Period of the year	—	16/5—31/7	—	—	16/7—31/8
Regressionskoefficienter ( $b$ )..... Regression coefficients ( $b$ )	—	+ 0,9992	— 3,445	— 2,857	— 0,04094
Regressionskoefficienternas medel- fel ( $\epsilon_b$ )..... Standard error of the regression coefficients ( $\epsilon_b$ )	—	0,1384	1,162	1,086	0,01354
Partiella korrelationskoefficienter Partial correlation coefficients	—	+ 0,752***	— 0,424**	— 0,384*	— 0,431**
Spridning kring.... Standard deviation from the	medeltalet . average funktionens . function	12,5	—	—	—
Multipel korrelationskoefficient.. Multiple correlation coefficient		.....	7,1	.....	0,840***

Konstanten  $a$  har värdet 95,84.The constant  $a$  has the value 95.84.

Funktionen avser trädklasserna 1—3.

The function relates to the tree classes 1—3.

K:1, vilket innebär en svag ökning i fråga om dessas signifikans. Den multipla korrelationskoefficienten uppgår till 0,854\*\*\* mot 0,838\*\*\* för funktion K:1. Ökningen kan förefalla skäligen obetydlig men bör bedömas mot bakgrunden av att korrelationskoefficienten mellan årsringsindexserien för trädklasserna 1 och 2 utgör 0,936\*\*\* och mellan den förra och trädklass 3 0,880\*\*\*. Som framgår av fig. 14 uppvisar funktion K:3 en förhållandevis god överensstämmelse i fråga om de observerade och enligt densamma beräknade årsringsindexvärdena. I en särskild regression har vid sidan av de i funktion K:3 ingående fem variablerna även inflytandet på årsringsindex av en variabel för kottpoängen under det närmast efterföljande kalenderåret ( $k_{n+1}$ ) prövats. Denna variabel skulle lämna upplysning om, huruvida en del assimilat undandrages årsringsbildningen för att tagas i anspråk för anläggning av de knoppar, vilka följande år utvecklas till färdiga kottar. Variabeln visade sig emellertid endast ha ett svagt och ej signifikant inflytande på årsringsindex. Regressionskoefficienten befanns — i likhet med för de båda

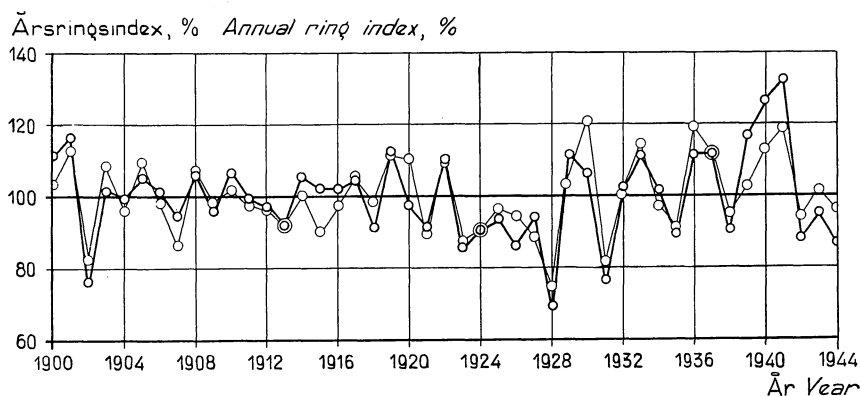


Fig. 15. Jämförelse mellan årsringsindex för trädklasserna 1—3 och enligt funktion K:4 beräknade, vilka senare markeras av de finare rundlarna och sammanbindningslinjerna.

Comparison between the annual ring index for tree classes 1—3 calculated in accordance with the function K:4, the latter being indicated by the thinner circles and the interconnecting lines.

övriga variablerna för kottproduktionen — vara negativ, vilket möjligen kan tolkas som ett uttryck för att knoppänläggningen är en assimilatkrävande process. Nederbördsvariabeln utövar emellertid alltså ett svagt inflytande på årsringsindex, ehuru den nu tenderar att vara signifikant skild från 0. Om på analogt sätt som tidigare skett i fråga om funktion K:2 nederbördsvariabeln uteslutes, erhålles följande funktion:

$$\begin{aligned} \hat{a}_i = & 95,84 + 0,9992 \times n_{t \max 16^\circ} - 3,445 \times k_n - 2,857 \times k_{n-1} - \\ & - 0,04094 \times \sum t_{\max (n-1)} \dots\dots\dots K: 4 \end{aligned}$$

En jämförelse mellan de olika statistiska karaktärerna för denna funktion och funktionen K:2 enligt tab. 19 och 15 respektive, visar att de båda regressionsuttrycken äro tämligen likvärdiga. En grafisk jämförelse mellan den ursprungliga årsringsindexserien för trädklasserna 1—3 och de enligt funktion K:4 beräknade återfinnes i fig. 15. Den starka överrepresentationen av trädklass 4 i det årsringsmaterial, som ligger till grund för funktionerna K:1 och K:2, ger anledning till att för praktiskt bruk rekommendera funktionerna K:3 och K:4 i nämnd ordning.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Då årsringsindexserien för trädklass 4 använts för att bestämma en regression av samma typ som funktionerna K: 2 och K: 4, har som resultat erhållits:

$$\begin{aligned} \hat{a}_i = & 90,33 + 0,7754 \times n_{t \max 16^\circ} - 2,616 \times k_n - 1,270 \times k_{n-1} - \\ & - 0,02622 \times \sum t_{\max (n-1)} \dots\dots\dots K: 5 \end{aligned}$$

För denna funktion uppgår den multipla korrelationskoefficienten till endast 0,692\*\*\* eller till ett avsevärt lägre värde än för funktionerna K: 1—K: 4. Enligt *t*-prov utövar endast variabeln  $n_{t \max 16^\circ}$  något starkare inflytande på årsringsindex (signifikans enligt \*\*\*). De tre övriga variablernas inflytande är svagt och deras regressionskoefficienter



## Årsringsindex för 5-årsperioder

Då man jämför enligt funktionerna K:1—K:4 beräknade värden på årsringsindex för olika kalenderår med de enligt respektive observationsmaterial föreliggande, blir helhetsintrycket, som framgår av fig. 7—8 och 14—15, att överensstämmelsen på det hela taget är tillfredsställande. För en del kalenderår är dock samstämmigheten mindre god, såsom t. ex. är fallet beträffande år 1915. Man bör emellertid ha i minnet, att de framlagda funktionerna grunda sig på förhållandevis begränsade och delvis osäkra utgångsdata. Särskilt gäller detta, vilket uttryckligen betonats i ett föregående avsnitt, de av variablerna, som återgiva variationerna i granens kottproduktion. Som ett allmänt intryck av den regressionsanalytiska bearbetningen kvarstår, att man inom ramen för det tillgängliga observationsmaterialet i fråga om meteorologiska data och kottproduktion knappast har utsikt att i någon högre grad kunna öka tillförlitligheten, då det gäller att medelst en funktion beräkna årsringsindex. Man måste också ha klart för sig, att funktionerna stundom leda fram till beräknade värden rätt avsevärt avvikande från årsringsindex enligt ett föreliggande årsringsmaterial.

De framlagda klimatfunktionerna syfta i främsta rummet till en orienterande kännedom om årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos granen inom det aktuella breddgradsområdet. Funktionerna äro även avsedda för att komma till användning vid korrigering av för större eller mindre skogsområden konstaterade tillväxtbelopp i riktning mot ett mera normalt klimatläge. Detta representeras därvid av årsringsindex 100 %, vilket värde följaktligen motsvarar medelklimatet under tiden 1900—1944 sådant detta registrerats av granens årsringar i orörda bestånd inom breddgradsområdet (EKLUND 1954). Vid sådana klimatkorrektioner tilldrager sig årsringsindex för det enskilda kalenderåret mindre intresse än ett genomsnittligt indexvärde för en serie på varandra följande kalenderår. Fastställandet av index för t. ex. en 5- eller 10-årsperiod medför vanligen, att avvikelserna mellan enligt funktionen uträknade och »sanna» indexvärden i viss mån utjämnas. I det nyssnämnda arbetet (EKLUND 1954, s. 129—132) har förf. rekommenderat, att då man avser att klimatkorrigera ett konstaterat tillväxtbelopp, 5-årsperioden bör användas som underlag för den egentliga tillväxtberäkningen i stället för den inom praktiskt skogsbruk allmänt brukade 10-årsperioden.

---

äro i samtliga fall ej signifikant skilda från 0. Beträffande variablerna  $k_n$  och  $k_{n-1}$  sammanhänger detta sannolikt med att träden tillhörande den ifrågavarande trädklassen som regel äro dåliga kottproducenter. Funktionen K: 5 bör ej komma till praktisk användning utan angives här närmast för fullständighetens skull.

Tab. 20. Jämförelse mellan fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex enligt observationsmaterialet och enligt funktion K: 1—K: 4 beräknade.

Comparison between the 5-year moving averages for the annual ring index from the observation material calculated in accordance with the functions K: 1—K: 4.

5-årsperiod 5-year period	Trädklass 1—4 Tree class 1—4		Trädklass 1—3 Tree class 1—3			
	Fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex enligt 5-year moving averages for the annual ring index					
	observations- materialet observation material	funktion function		observations- materialet observation material	funktion function	
		K: 1	K: 2		K: 3	K: 4
1900—1904	102,1	100,9	99,8	101,1	102,1	100,8
1901—1905	100,4	102,0	100,9	99,9	103,2	101,9
1902—1906	97,0	98,6	98,2	96,7	99,5	99,0
1903—1907	100,1	99,3	99,3	100,4	99,9	99,8
1904—1908	100,5	99,1	99,1	101,3	99,6	99,5
1905—1909	99,6	99,6	99,4	100,5	100,2	100,0
1906—1910	99,8	97,7	98,0	100,8	98,1	98,5
1907—1911	99,7	98,0	97,9	100,5	98,4	98,3
1908—1912	100,4	99,9	99,6	101,0	100,6	100,3
1909—1913	98,2	96,8	96,6	98,2	97,5	97,3
1910—1914	100,3	97,2	97,1	100,1	97,6	97,6
1911—1915	100,0	95,0	94,8	99,2	95,4	95,2
1912—1916	101,0	94,0	94,8	99,7	94,3	95,2
1913—1917	102,7	95,9	96,4	101,2	96,3	96,9
1914—1918	102,5	97,4	97,6	101,1	98,0	98,2
1915—1919	103,9	99,2	99,6	102,5	100,1	100,6
1916—1920	102,6	102,6	103,5	101,6	103,6	104,6
1917—1921	100,0	101,8	102,0	99,5	102,8	103,0
1918—1922	100,7	102,4	103,1	100,7	103,2	104,1
1919—1923	99,1	100,3	101,1	99,5	100,9	101,8
1920—1924	94,6	96,8	97,3	95,2	97,0	97,6
1921—1925	93,4	95,0	94,7	94,4	95,2	94,9
1922—1926	92,1	95,2	95,6	93,4	95,5	96,0
1923—1927	88,6	91,0	91,4	90,1	91,2	91,7
1924—1928	85,4	88,9	89,1	86,9	88,9	89,1
1925—1929	89,4	91,6	91,5	91,1	91,8	91,6
1926—1930	92,0	95,7	96,0	93,6	96,2	96,5
1927—1931	90,4	93,6	93,5	91,7	94,0	93,8
1928—1932	92,2	96,3	95,8	93,3	96,7	96,2
1929—1933	100,3	103,8	103,2	101,6	104,9	104,2
1930—1934	98,5	102,1	101,8	99,7	103,3	103,0
1931—1935	95,7	96,4	96,3	96,4	97,2	97,0
1932—1936	102,3	102,6	103,3	103,4	103,8	104,6
1933—1937	104,1	104,2	105,2	105,3	105,7	106,9
1934—1938	100,3	99,7	101,5	101,2	100,8	102,9
1935—1939	102,7	100,4	102,4	104,2	101,8	104,1
1936—1940	108,9	105,0	106,2	111,5	107,0	108,4
1937—1941	111,9	106,6	106,2	115,6	108,8	108,4
1938—1942	106,9	103,8	103,0	110,9	105,8	104,9
1939—1943	107,3	105,6	104,4	111,8	107,5	106,2
1940—1944	101,2	104,4	103,4	105,9	106,2	105,0

Fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex, %

*5-year moving averages of annual ring index, %*

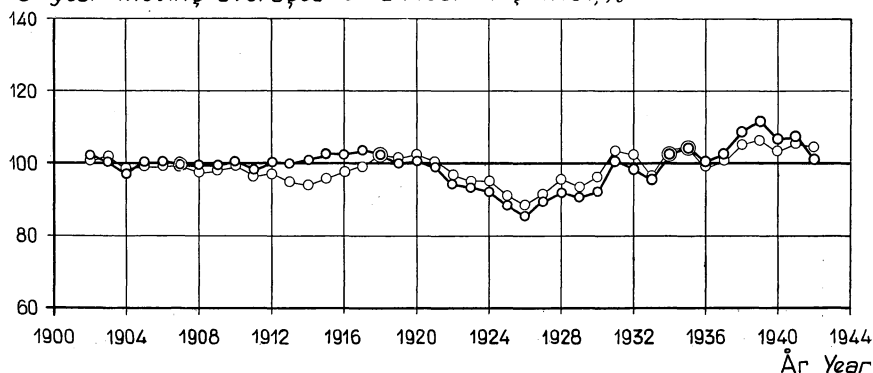


Fig. 16. Jämförelse mellan fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex enligt hela observationsmaterialet (samtliga trädklasser, representerade av 908 st. provträd från 69 st. provytor) och enligt funktion K:1 beräknade. I likhet med i fig. 17—19 äro de förra medeltalen betecknade med grövre rundlar och sammanbindningslinjer än de senare.

Comparison between the 5-year moving averages for the annual ring index from the whole of the observation material (all tree classes represented by 908 sample trees from 69 sample plots) calculated in accordance with the function K:1. As in fig. 17—19, the former average values are indicated by thicker circles and interconnecting lines than the latter.

En uppfattning om hur medelårsringsindex för olika 5-årsperioder, uträknade i enlighet med funktionerna K:1—K:4, förhålla sig i jämförelse med medeltalen enligt observationsmaterialet, erhålles genom att jämföra de i tab. 20 redovisade fortlöpande medeltalen. Vid bestämning av spridningen för differenserna mellan enligt observationsmaterialet föreliggande och med led-

Fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex, %

*5-year moving averages of annual ring index, %*

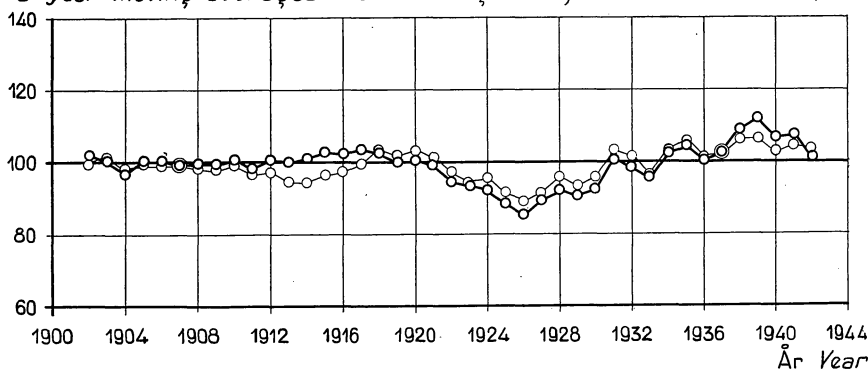


Fig. 17. Jämförelse mellan fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex enligt hela observationsmaterialet och enligt funktion K:2 beräknade.

Comparison between the 5-year moving averages for the annual ring index from the whole of the observation material, calculated in accordance with the function K:2.

Fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex, %

*5-year moving averages of annual ring index, %*

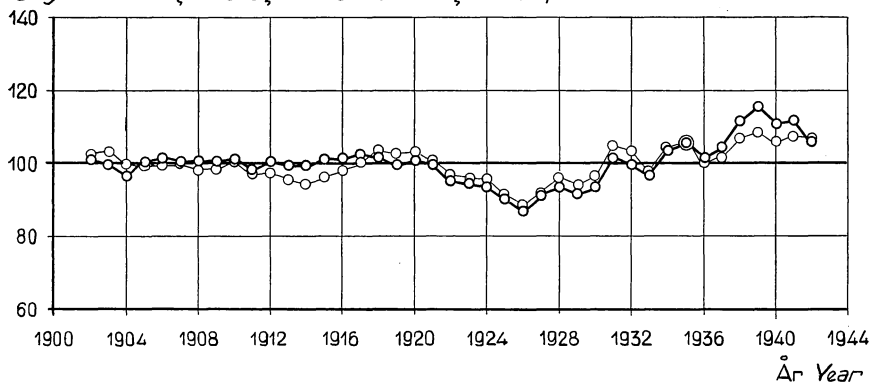


Fig. 18. Jämförelse mellan fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex för trädklasserna 1—3 (626 st. provträd från 69 st. provtytor) och enligt funktion K:3 beräknade.  
Comparison between the 5-year moving averages for the annual ring index for tree classes 1—3 (626 sample trees from 69 sample plots) calculated in accordance with the function K:3.

ning av funktionerna K:1—K:4 beräknade fortlöpande 5-årsmedeltal ha följande värden erhållits:

Spridning för differenser mellan 5-årsmedeltal enligt observationsmaterialet och enligt funktionerna beräknade:

K:1	K:2	K:3	K:4
3,1 %	3,0 %	2,9 %	2,9 %
Trädklass 1—4		Trädklass 1—3	

Fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex, %

*5-year moving averages of annual ring index, %*

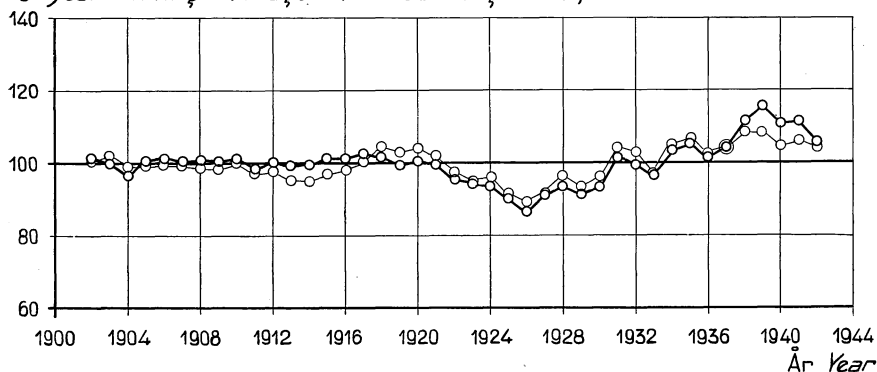


Fig. 19. Jämförelse mellan fortlöpande 5-årsmedeltal av årsringsindex för trädklasserna 1—3 och enligt funktion K:4 beräknade.

Comparison between the 5-year moving averages for the annual ring index for tree classes 1—3 calculated in accordance with the function K:4.

En övergång från årsringsindex för enskilda kalenderår till fortlöpande 5-årsmedeltal medför en mycket iögonfallande dämpning av variationerna kring indexvärdernas normalnivå, d. v. s. 100 %, vilket åskådligt framträder, då fig. 7—8 och 14—15 jämföras med fig. 16—19. I de fyra senare ha 5-årsmedeltalen enligt respektive observationsmaterial — fig. 16—17 avse årsringsmaterialet för trädklasserna 1—4, fig. 18—19 det för trädklasserna 1—3 — markerats med något grövre rundlar och sammanbindningslinjer än de enligt respektive funktioner beräknade. 5-årsmedeltalen ha därvid genomgående avsatts vid det mot periodens mitt svarande kalenderåret. Av de fyra klimatfunktionerna uppvisar enligt fig. 18 funktion K:3 närmast följd av funktion K:4 den synbarligen bästa anpassningen till observationsmaterialets medelindex. Mera påtagliga differenser mellan dessa och de enligt funktionerna beräknade värdena föreligga särskilt beträffande perioderna 1911—1915 . . . 1914—1918, vilket givetvis sammanhänger med de avsevärda skillnader, som för samtliga funktioner föreligga mellan observerat och beräknat årsringsindex för de båda kalenderåren 1915 och 1916, särskilt då för det förstnämnda. Till följd av att för åren 1939—1941 beräknade årsringsindex ej nå upp till de enligt observationsmaterialen föreliggande mycket höga värdena leder beräkning enligt funktionerna till för låga 5-årsmedeltal för perioderna 1936—1940, 1937—1941 och 1938—1942.

### Granens årsringsvariationer efter år 1944

Den regressionsanalytiska bearbetningen av observationsmaterialet har utmynnat i klimatfunktioner, vilka bygga på hypotesen, att granens årsringsvariationer inom det aktuella breddgradsområdet stå i samband med variationerna i värmetillförseln och kottproduktionen under i första hand det aktuella, men i viss mån även det närmast föregående kalenderåret. I samband med diskussionen över de olika klimatfunktionerna ha jämförelser gjorts mellan enligt dessa beräknade och enligt observationsmaterialet föreliggande värden på årsringsindex för tiden 1900—1944 (jfr fig. 7—8 och 14—15). Emellertid gör sig ett behov gällande att pröva funktionerna på ett annat årsringsmaterial, särskilt då för tiden efter år 1944. Med tillhjälp av funktionerna kan årsringsindex bestämmas för detta tidsavsnitt. För detta ändamål ha medelvärden uträknats för de i funktionerna ingående oberoende variablerna på analogt sätt, för vilket tidigare redogjorts beträffande de meteorologiska variablerna och kottpoängen. De ifrågavarande medeltalen redovisas i tab. 21. I denna återfinnas även de årsringsindex, som erhållits sedan ifrågavarande värden insatts i de båda funktionerna K:3 och K:4. Dessa index utvisa, att några mera påtagligt gynnsamma eller ogynnsamma

Tab. 21. Utgångsdata för bestämning av årsringsindex för tiden 1945—1955 enligt funktionerna K:3 och K:4 jämte medelårsringsbredden för vissa delar av riksskogstaxeringens provträdsmaterial från region II.

Initial data for determining the annual ring index for the period 1945—1955 in accordance with the functions K:3 and K:4 and also the mean annual ring width for certain parts of the National Forest Survey's sample tree material from region II.

År Year	Variabel (jfr s. 30) Variable (see p. 30)					Årsringsindex beräknat enligt funktionen Annual ring index calculated in accordance with the function		Medelårsrings- bredd enl. riksskogstaxeringen Mean annual ring width in accordance with the National Forest Survey
	$n_{t \max 16^\circ}$	$k_n$	$k_{n-1}$	$\Sigma t_{\max (n-1)}$	$\Sigma N$	K:3	K:4	
						%		1/100 mm
1945	48	2,54	1,31	945	304	84,2	92,6	82,1 <sup>1</sup>
1946	55	2,38	2,54	971	186	94,5	95,6	92,8
1947	61	1,27	2,38	944	154	108,0	107,0	105,0
1948	59	1,55	1,27	1 070	217	99,3	102,0	84,2
1949	48	1,27	1,55	894	158	98,7	98,4	88,4
1950	50	1,62	1,27	846	247	97,0	102,0	90,6
1951	40	1,17	1,62	964	193	85,7	87,7	82,2
1952	42	1,85	1,17	907	157	91,1	91,0	101,9
1953	59	1,23	1,85	794	182	112,1	112,8	115,0
1954	60	3,75	1,23	887	147	104,3	103,0	—
1955	47	0,38	3,75	853	198	93,9	95,9	—

<sup>1</sup> Medelårsringsbredden för år 1943 utgjorde 88,1 och för 1944 82,5 1/100 mm.

The mean annual ring width in 1943 was 88.1 and in 1944 82.5 1/100 mm.

växtår ej inträffat under tiden 1945—1955. Perioden kan närmast karaktäriseras som jämförelsevis normal. Det högsta värdet på årsringsindex visar sig föreligga för år 1953, vilket år för övrigt utmärkes av stor samstämmighet med årsringsindex beräknat enligt de båda funktionerna (fig. 20).

Den varma och nederbördsfattiga väderleken under högsommaren och eftersommaren år 1955 har synbarligen ej medfört något särskilt anmärkningsvärt värde på årsringsindex. Detta kan möjligen bero på att väderlekssituationen under den för årsringsbildningen mest aktiva tiden, d. v. s. från ungefär mitten av maj till omkring månadsskiftet juni/juli, ej nämnvärt avvikit från den normala. Enär årsringsindex enligt klimatfunktionerna befunnits vara negativt korrelerat med värmesumman för tiden 16 juli—31 augusti under närmast föregående kalenderår, böra de ogynnsamma verkningarna av den varma och nederbördsfattiga sommaren 1955 först komma till uttryck i årsringsindex för år 1956.

För att belysa årsringsutvecklingen i orörda bestånd för tidsavsnittet efter år 1944 och därigenom möjliggöra en jämförelse med i tab. 21 redovisade årsringsindex, förfogar skogsforskningsinstitutet endast över årsringsmaterial från ett fåtal provtytor. Detta måste förutsättas vara präglad av de på prov-

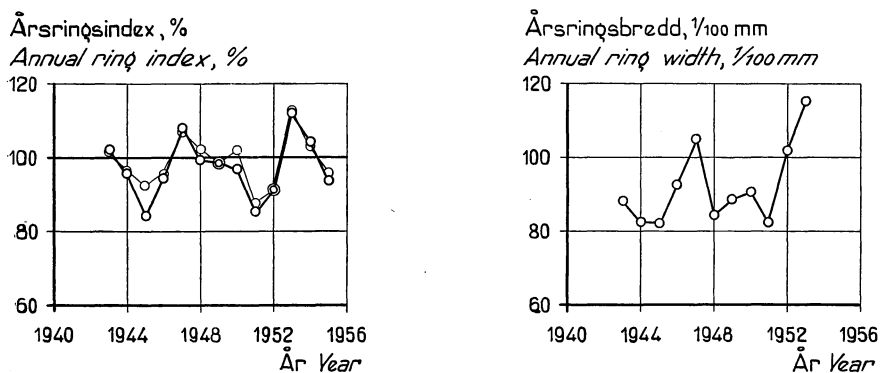


Fig. 20. Diagrammet till vänster återger enligt funktionerna K:3 och K:4 beräknade värden på årsringsindex för tiden 1943—1955. Den senare funktionen representeras av de finare rundlarna och sammanbindningslinjerna mellan dessa. Diagrammet till höger illustrerar medelårsringsbredden under tiden 1943—1953 enligt riksskogstaxeringens provträd från region II. Denna årsringsserie är förutom av klimatinflytelser även präglad av huggningsreaktioner.

The diagram to the left reproduces the values of the annual ring index for the period 1943—1955 calculated in accordance with the functions K:3 and K:4. The latter function is represented by the thinner circles and interconnecting lines between them. The diagram on the right illustrates the mean annual ring width during the period 1943—1953 in accordance with the National Forest Survey's sample tree material from region II. Apart from climatic influences, this annual ring series is also affected by reactions due to cutting.

ytorna rådande lokala klimatiska förhållandena och torde för den skull ej lämna en tillräckligt representativ bild av årsringsvariationerna inom det aktuella breddgradsområdet. Givetvis hade det varit värdefullt, om klimatfunktionerna kunnat prövas på ett fullt representativt årsringsmaterial från orörda granbestånd inom detsamma. Med hänsyn till att förf. för närvarande är sysselsatt med att söka framställa klimatfunktioner även för tall, har en planerad insamling av sådant kompletterande årsringsmaterial måst uppskjutas till dess närmare erfarenhet vunnits beträffande funktionerna för tall. I avvaktan härpå kan det vara av ett visst intresse att återgiva resultaten av en orienteringsvis utförd jämförelse mellan klimatfunktionerna för gran och årsringsmaterial från den alltsedan år 1953 pågående, årligen återkommande uppskattningen av Sveriges skogstillgångar. I samband med denna riksskogstaxering insamlas ett stort antal borrhärdar från stående provträd för bestämning av bland annat virkesförrådets årliga tillväxt inom olika taxeringsområden, s. k. regioner. Av dessa faller huvudparten av region II — som omfattar Västernorrlands län, landskapet Jämtland samt den inom Härjedalen fallande delen av Övre Ljungdalens kommun — mellan den 62:dra och 64:de breddgraden. Riksskogstaxeringens årsringsmaterial är emellertid icke blott präglad av de år från år varierande klimatiska förhållandena utan återspeglar även huggningsreaktioner. Det är därvid knappast möjligt att effektivt separera de av klimatet betingade variationerna i årsringsbredd från de av huggningarna förorsakade. Med stöd av erfarenheterna från jämförande undersökningar

över årsringsvariationerna i såväl orörda som i gallrade bestånd (jfr t. ex. NÄSLUND, 1942, s. 92—93, och EKLUND, 1952, s. 25—33) förefaller det som om de förra variationerna så att säga »slå igenom» i förhållande till de senare. I brist på mera lämpligt jämförelsematerial torde det vara av ett visst intresse att lägga en årsringsserie från den ifrågavarande regionen till grund för en orienterande jämförelse med enligt funktionerna beräknade årsringsindex för tidsavsnittet 1943—1953. Härvid erinras dock om, att riksskogstaxeringens årsringsmaterial till följd av huggningsreaktioner kan lämna en i viss mån skev bild av årsringsbreddens klimatiskt betingade variation.

Vid mätningen av det vid 1954 års taxering av region II insamlade materialet borrhärdar bestämdes för varje enskilt provträd årsringsbredden kalenderårsvis bakåt i tiden t. o. m. år 1943. Institutets avdelning för skogstaxering har välvilligt ställt resultaten av dessa årsringsmätningar till förf:s förfogande. För att erhålla jämförbarhet med årsringsserien för trädklasserna 1—3, således med det observationsmaterial på vilket funktionerna K:3 och K:4 grunda sig, har av riksskogstaxeringsmaterialet utvalts samtliga provträd med en ålder överstigande 100 år. Dessas antal uppgår till 1 005 st. mot 626 st. för den av trädklasserna 1—3 sammansatta årsringsserien.

För att på ett objektivt plan kunna jämföras med enligt funktionerna K:3 och K:4 beräknade värden på årsringsindex borde rätteligen riksskogstaxeringens årsringsserie omföras till årsringsindex med perioden 1900—1944 som bas. Enär endast de båda kalenderåren 1943 och 1944 äro gemensamma för båda serierna, kan en säker konnektering av den nämnda årsringsserien i förhållande till observationsmaterialet bakom funktionerna knappast med framgång utföras. Härtill kommer att det senare materialet avser gran i orörda bestånd, medan riksskogstaxeringens årsringsserie bygger på provträd representerande såväl av huggning intakta som i mycket olika utsträckning huggningspåverkade bestånd. Jämförelsen har måst begränsas till att endast avse för tiden 1943—1953 beräknade årsringsindex med motsvarande medelårsringsbredder enligt riksskogstaxeringens provträd. Som framgår antingen av tab. 21 eller av fig. 20 föreligger en i stort sett acceptabel överensstämmelse mellan de båda seriernas årliga variationer, dock med undantag av, att dels årsringsbreddens starka nedgång från år 1947 till 1948, dels dess markerade stegring mellan åren 1951 och 1952 ej har motsvarighet i de med ledning av funktionerna K:3 och K:4 uträknade värdena på årsringsindex. Jämförelsen ger vid handen, att det är angeläget att den planerade insamlingen av ett representativt årsringsmaterial från orörda granbestånd kommer till stånd, så att en mera ingående prövning av klimatfunktionerna kan företagas särskilt för kalenderåren efter år 1944.

Redan i samband med diskussionen över de olika klimatfunktionernas anpassning till årsringsindexserien för perioden 1900—1944 har påpekats, att



för en del kalenderår, bland dem framför allt år 1915, relativt stora skillnader kunna föreligga mellan observerat och enligt funktionerna beräknat årsringsindex. Inom ramen för det utnyttjade meteorologiska observationsmaterialet jämte de — tyvärr relativt osäkra — uppgifterna på granens kottproduktion, ha dessa divergenser dock ej nöjaktigt kunnat förklaras.

### Sammanfattning

Huvudsyftet med det föreliggande arbetet har varit att belysa sambandet mellan granens årsringsvariationer och klimatet inom det område av norra Sverige, som faller mellan den 62:a och 64:e breddgraden och som omfattar de centrala delarna av Norrland.

Undersökningen grundar sig på årsringsmaterial från orörda bestånd, meteorologiska observationer och iakttagelser över kottproduktionen inom det ifrågavarande området. Årsringsvariationerna avse de 45 kalenderåren 1900—1944 och ha för den fortsatta statistiska bearbetningen av observationsmaterialet uttryckts i form av s. k. årsringsindex. Detta är att betrakta som »ett approximativt uttryck för kalenderårets egenskap av gott eller dåligt växtår med avseende på diametertillväxten» (NÄSLUND, 1942).

Genom regressionsanalytisk bearbetning av observationsmaterialet har konstaterats, att granens årsringsvariationer inom det aktuella breddgradsområdet i främsta rummet uppvisar samvariation med temperaturförhållandena under tiden mitten av maj till omkring slutet av juli under det kalenderår, då årsringen bildas. En hög värmetillförsel under denna tid medför som regel ett högt värde på årsringsindex och omvänt. Temperaturförhållandena under senare hälften av juli och under augusti av det närmast föregående kalenderåret återverkar även på årsringsindex. En hög värmesumma under nämnda tid har nämligen konstaterats verka sänkande på årsringsindex för närmast efterföljande kalenderår. Granens årsringsvariationer präglas även av den år från år varierande kottproduktionen, som även i viss utsträckning är att anse som klimatiskt betingad. En riklig tillgång på 1-årig kott under det aktuella, liksom även under det närmast föregående kalenderåret medför sålunda sänkt årsringsindex och omvänt. Mellan årsringsindex och nederbörd har endast svaga korrelationer visat sig föreligga. Detta kan möjligen tolkas så, att den fuktighet, som även under nederbördsfattiga somrar står till granens förfogande inom det ifrågavarande breddgradsområdet, merendels är tillräcklig för att underhålla assimilationsprocesserna under den tid, då huvudparten av årsringen bildas.

Undersökningen har även utvisat, att höstveden förefaller bildas relativt oberoende av värmetillförseln under den tid, då höstvedbildningen normalt

äger rum, d. v. s. under senare hälften av juli och första hälften av augusti. Erforderliga assimilatmängder för uppbyggnad av såväl vårved- som höstvedelementet produceras av allt att döma till större delen redan under våren och försommaren. Igångsättandet av höstvedbildningen sker sannolikt ej under inflytande av någon meteorologisk faktor utan förmodligen som en följd av en viss autonom periodicitet betingad av fysiologiska processer i träden.

Av samtliga prövade uttryck för temperaturinflytandet, bland dem värmesumman enligt antingen de dagliga maximitemperaturerna eller medeltemperaturen, har antalet dagar med en maximitemperatur överstigande  $+ 16^{\circ}\text{C}$  under tiden 16 maj—31 juli bättre än någon annan temperaturvariabel befunnits följa granens årsringsvariationer inom det ifrågavarande breddgradsområdet.

Den regressionsanalytiska bearbetningen av observationsmaterialet har resulterat i fyra s. k. klimatfunktioner, av vilka de med beteckningen K:1 och K:2 fastställts på grundval av årsringsindexserien för samtliga trädklasser. Funktionerna K:3 och K:4 ha bestämts med ledning av årsringsindexserien för trädklasserna 1—3, d. v. s. för träd som vid fältarbetet bedömts tillhöra de härskande, medhärskande och behärskade kronskikten. För praktiskt bruk rekommenderas de båda senare funktionerna och av dessa särskilt K:3. I denna ingår, liksom även i funktionen K:1, nederbörden under vinter- och vårmånaderna som en särskild variabel.

Enligt klimatfunktionerna K:3 och K:4 uträknade värden på årsringsindex uppvisa en förhållandevis god överensstämmelse med observationsmaterialets årsringsindexserie för tiden 1900—1944. Vid en orienteringsvis utförd jämförelse med vissa delar av riksskogstaxeringens provträdsmaterial ha funktionerna visat sig i grova drag återgiva granens årsringsvariationer under tiden 1943—1953 inom ett område nära sammanfallande med det aktuella breddgradsområdet. Funktionerna torde som regel ej lämpa sig för bestämning av årsringsindex för enskilda kalenderår utan böra företrädesvis användas för uträkning av medelårsringsindex för t. ex. 5-årsperioder, varigenom i de flesta fall ett acceptabelt uttryck erhålles för årsringsbreddens klimatiskt betingade variation. Funktionerna böra ej heller komma till användning för bestämning av årsringsindex för mindre skogsområden eller enskilda bestånd, enär i sådana fall granens årsringsvariationer ofta äro präglade av de lokal-klimatiska förhållandena. Under alla omständigheter måste klimatfunktionerna tillämpas med kritisk blick och de erhållna resultaten om möjligt tid efter annan prövas genom jämförelse med lämpligt årsringsmaterial.

## Litteraturförteckning

- ANDERSSON, SVEN-OLOF, 1953. Om tidpunkten för den årliga diametertillväxtens avslutande hos tall och gran — On the Date of Completion of Annual Diametral Growth in Pine and Spruce. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 43:5.
- BERGSTEN, F., 1954. Nederbörden i Sverige. Medelvärden 1921—1950 (English summary). — Medd. fr. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Ser. C Nr 5.
- CONRAD, V. and POLLAK, L. W., 1950. Methods in Climatology. — Cambridge, Massachusetts.
- EKLUND, BO, 1942. Studier över årsringsvariationerna å Malingsbo fasta försöksyta nr I. — Svenska skogsvårdsf. tidskr., häfte 3.
- 1949. Skogsforskningsinstitutets årsringsmätningssmaskiner. Deras tillkomst, konstruktion och användning. — The Swedish Forest Research Institute's machines for measuring annual rings. Their origin, construction and application. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 38:5.
- 1952. Fortsatta studier över ett gallringsförsök i stavagranskog. — Further Studies relating to Thinning Experiments in a Spruce Pole Thicket. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 41:10.
- 1954. Årsringsbreddens klimatiskt betingade variation hos tall och gran inom norra Sverige åren 1900—1944. — Variation in the Widths of the Annual Rings in Pine and Spruce due to Climatic Conditions in Northern Sweden during the years 1900—1944. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., Bd 44:8.
- ERLANDSSON, STELLAN, 1936. Dendro-Chronological Studies. — Data 23 fr. Stockholms Högskolas Geokronol. Inst., Uppsala.
- FISHER, RONALD A., and YATES, FRANK, 1948. Statistical Tables for Biological, Agricultural and Medical Research. Third Edition. London.
- HESELNMAN, HENRIK, 1904. Om tallens höjdtillväxt och skottbildning somrarna 1900—1903. — Über den Höhenzuwachs und die Sprossbildung der Kiefer in den Sommern 1900—1903. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 1.
- HOLMSGAARD, ERIK, 1955. Åringsanalyser af danske skovtræer. — Tree-Ring Analyses of Danish Forest Trees. — Det forstlige Forsøgsvæsen i Danmark, Bd XXII, Hft 1.
- HUSTICH, I. und ELFVING, G., 1944. Die Radialzuwachsvariationen der Waldgrenzkiefer. — Societas Scientiarum Fennica. Commentationes Biologicae IX, 8.
- KOLMODIN, GUSTAF, 1935. Väderlekens inflytande på tallens diametertillväxt (English summary). — Svenska skogsvårdsf. tidskr.
- MATÉRN, BERTIL, 1955. Kompendium i statistik. Del I. Stockholm.
- METEOROLOGISKA IAKTTAGELSER I SVERIGE. Utgivna under åren 1899—1913 av Kongl. Svenska Vetenskaps-Akademien. — Observations météorologiques Suédoises. Publiées pendant les années 1899—1913 par L'académie Royale des sciences de Suède. Anställda och utarbetade under inseende av Meteorologiska Centralanstalten.
- 1914—1918 av Meteorologiska Centralanstalten. — 1914—1918 par L'institut Central de météorologie.
- 1919—1944 av Statens Meteorologisk-Hydrografiska Anstalt. — 1919—1944 par le Service météorologique et hydrologique de Suède.
- 1945— av Statens Meteorologisk-Hydrografiska Institut. — 1945— par L'Institut météorologique et hydrologique de Suède.
- MIKOLA, PEITSA, 1950. Puiden kasvun vaihteluista ja niiden merkityksestä kasvututkimuksissa. — On Variations in Tree Growth and their Significance to Growth Studies. — Communicationes Instituti Forestalis Fenniae N:o 38:5.
- NÄSLUND, MANFRED, 1942. Den gamla norrländska granskogens reaktionsförmåga efter genomhuggning. — Die Reaktionsfähigkeit des alten norrländischen Fichtenwaldes nach Durchhauung. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 33:1.
- ORDING, ASBJØRN, 1941. Åringsanalyser på gran och furu. (English summary). — Meddelelser fra Det Norske Skogsforsøksvesen, nr 32.
- ROMELL, LARS-GUNNAR, 1925. Växttidsundersökningar å tall och gran. — Recherches sur la marche de l'accroissement chez le pin et l'épicéa durant la période de végétation. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 22.

- STÅLFELT, M. G., 1923. Om skogsträdens kolsyreassimilation och dess betydelse för produktionen. — I:sta Nordiska Skogskongressens förhandlingar. — Svenska skogsvårdsf. tidskr. nr 19, serien A.
- 1924. Tallens och granens kolsyreassimilation och dess ekologiska betingelser. (Deutsche Zusammenfassung). — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. 1924, Bd 21.
- TIRÉN, LARS, 1935. Om granens kottsättning, dess periodicitet och samband med temperatur och nederbörd. — On the fruit setting of spruce, its periodicity and relation to temperature and precipitation. — Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst., häfte 28.
- UPPGIFTER ANGÅENDE SKOGSTRÄDENS FRUKTSÄTTNING. Alltsedan åren 1902—1903 publicerade av olika författare och under något varierande titlar i Svenska skogsvårdsf. tidskr., Medd. fr. Stat. skogsförsöksanst. samt Flygblad fr. Stat. skogsförsöksanst. och Stat. skogsforskn.-inst.
- WALLÉN, AXEL, 1917. Om temperaturens och nederbördens inverkan på granens och tallens höjd- och radietillväxt å Stamnäs kronopark 1890—1914. — Skogshögskolans festskrift, Stockholm.
- WALLÉN, C. C., 1951. Nederbörden i Sverige. Medelvärden 1901—1930 (English summary). — Medd. fr. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut. Ser. A Nr 4.
- WIKSTEN, ÅKE, 1945. Metodik vid mätning av årsringens vårved och höstved. — A Method of Measuring Spring Wood and Summer Wood in the Annual Ring. — Medd. fr. Stat. skogsforskn.-inst., H 34:9.
- ÅNGSTRÖM, ANDERS, 1938. Lufttemperatur och temperaturanomalier i Sverige 1901—1930 (English summary). — Medd. fr. Stat. Meteorologisk-Hydrografiska Anst., Bd 7:2.
- 1946. Sveriges klimat. — Stockholm.
- 1955. Atmosfären. Sol, moln, åska och regn. — Stockholm.

## Summary

### The Annual Ring Variations in Spruce in the Centre of Northern Sweden and their Relation to the Climatic Conditions

The purpose of the present investigation has been to attempt to determine by statistical methods the relation between the annual ring variations in spruce and the climatic conditions in the central districts of Northern Sweden. The investigation is to be regarded as a sequel to the treatise published previously by the author under the title: "Variation in the Widths of the Annual Rings in Pine and Spruce due to Climatic Conditions in Northern Sweden during the Years 1900—1944". For various reasons it has been necessary to limit the present investigation exclusively to spruce (*Picea excelsa* Lam. Link) from the district located between the 62nd and 64th parallels in Northern Sweden, a district in which a considerable part of the North Swedish spruce forests is to be found.

### Annual Ring Material

The investigation is based on the annual ring index series for spruce of which the author gave an account in the above-mentioned treatise. The latter also describes the manner in which the annual ring material was collected, measured and studied. The latitude group here in question is represented by a total of 908 sample trees the annual rings of which were investigated, and which were objectively selected from 69 of the Forest Research Institute's temporary sample plots in undisturbed stands of spruce. The annual ring width of each sample tree has been measured per calendar year with reference to the period 1900—1944, while in the case of 460, or more than half of the sample trees, a distinction has been made in

the measurement of the annual rings between spring wood and summer wood. The index series for this material are shown numerically in Tab. 2 and graphically in Fig. 3. The annual ring index series for the whole of the material investigated will be found in Tab. 20 and Fig. 7. The different index values may here be regarded as an approximate expression of the calendar year's character for good or poor growth with respect to the spring wood-, summer wood- and annual ring formation (see Näslund 1942, p. 29—30).

The meteorological observations have been obtained from the reports of the Swedish Meteorological and Hydrological Institute for atmospheric temperatures and precipitation issued by 12 meteorological stations, 10 of which are located within the latitude group in question, while two of them lie somewhat further to the south (Fig. 1). On the basis of the observations reported for each station the monthly mean temperature of the air has been calculated in different calendar years for the latitude group as a whole, and also the accumulated temperatures for each of the following eight half-monthly periods: 1—15 May, 16—31 May, 1—15 June, 16—30 June, 1—15 July, 16—31 July, 1—15 August and 16—31 August. The accumulated temperatures are based on the daily maximum temperatures reported by each station. The mean precipitation for the whole district has been calculated in an analogous manner, both for the half-monthly periods in question as well as for the other months in each of the 45 calendar years 1900—1944.

### Variations in the Width of the Spring Wood and Summer Wood and their Relation to the Atmospheric Temperature

As a guide in the search for suitable meteorological variables which might be expected to exercise an influence on the annual ring variations of spruce it was found necessary to study the spring wood and summer wood separately, primarily in relation to the temperature conditions during different stages of the vegetation period. For this purpose the annual ring material from the spring- and summer wood of the 460 sample trees investigated has been utilized, whereby the mean width of the spring- and summer wood for different calendar years has been converted to a spring- and a summer wood index respectively. The age decrease in the annual ring elements has here been eliminated with the help of the regression functions set out on p. 11.

An ocular comparison of the spring- and summer wood index series according to Fig. 3 leads to the surprising result that the two series exhibit striking similarities with respect to the annual ring variations. The correlation between them is high, which is shown by the correlation coefficient. The latter is actually  $+0.742^{***1}$ .

<sup>1</sup> The ordinary significant criteria for correlation coefficients are not, as a rule, applicable when making comparisons between the series such as the annual ring index series, particularly when the latter are highly auto-correlated. Since the auto-correlation in the annual ring series of spruce for the latitude group in question has been found to be extremely low and does not differ significantly from 0 (EKLUND, 1954, p. 100) it has been considered justifiable, however, to apply the ordinary criteria as a preliminary guide. The significance has been recorded as follows:

*	The coefficient is almost significant at the risk level 0.05 or 5 %
**	» » » significant » » » 0.01 » 1 %
***	» » » highly significant » » » 0.001 » 0.1 %

In the determination of the significance level the so-called *t*-test has been employed for total and partial correlation coefficients, and the *F*-test for multiple correlation coefficients (FISHER and YATES 1948, MATÉRN 1955).

This high correlation would be difficult to explain if the formation of the spring wood were dependent upon the climatic conditions during the period from May up to the middle of July, the formation of the summer wood only depending upon the climatic conditions during the remaining part of the summer up to about the middle of August (ANDERSSON, 1953).

The determination of partial correlation coefficients for the relation between the spring- and summer wood index respectively and the accumulated temperature for different half-monthly periods shows that both the spring wood and summer wood are favourably influenced by a high degree of heat at the end of May and in June. At this time the formation of the summer wood cells has not normally started. This state of affairs has been interpreted to imply that the main part of the quantity of assimilated material absorbed in building up both the spring- and summer wood elements is formed under the influence of the temperature conditions during this period. The transition from spring wood to the formation of summer wood presumably takes place as a consequence of a certain definite periodicity due to the internal physiological conditions in the trees, whereby the formation of the buds may be a contributory cause.

According to the correlation calculations made, warm early- and high summers have generally been found to give rise to low summer wood percentages, whereas less warmth during this period tends to result in high summer wood percentages.

The investigations associated with the relation between the different index series and the accumulated temperature for different half-monthly periods have led to the conclusion that the annual ring variations of spruce within the latitude group in question exhibit a remarkable correlation with the available heat during a relatively short part of the early summer and high summer, particularly during the period from the middle of May to about the change of the month from June to July.

### **Relation between the Annual Ring Index and the Number of Days with a Maximum Temperature exceeding $+16^{\circ}\text{C}$**

During the course of the investigation it was found that the number of days with a lowest maximum temperature of  $+16^{\circ}\text{C}$  during the period 16th May—31st July was more suitable for showing the relation between the annual ring index of spruce and the available heat than when the latter is represented by the accumulated maximum temperatures. When the annual ring index was correlated with the number of such days the correlation coefficient  $+0.721^{***}$  was obtained as compared with  $+0.631^{***}$  for the accumulated temperature. The influence of the number of days exceeding other temperature limits has also been investigated (Tab. 7 and Fig. 5), whereupon the strength of the correlation was found to decrease progressively, both at higher and lower temperature limits for the number of days. The confirmation of this fact is in close agreement with STÅLFELT'S (1923) assimilation experiments with spruce at different temperatures and constant light intensity. According to these, the assimilation of carbonic acid increases most when the atmospheric temperature rises to  $+15^{\circ}\text{C}$ . A further temperature rise up to  $+25^{\circ}\text{C}$  is certainly "not entirely insignificant but has little influence" according to STÅLFELT.

As will be seen from the particulars further on, the number of days with a maximum temperature of at least  $+16^{\circ}\text{C}$  possesses the character of a variable which in the regression analysis of the observation material enables the annual ring variations of spruce within the latitude group concerned to be reproduced more effectively than with any other climatic variables tested.

### The Influence of the Cone Yield on the Annual Ring Variations of Spruce

The annual ring variations of spruce are also marked by the cone yield which varies from year to year; an ample cone yield exercises a lowering effect on the annual ring index and vice versa (EKLUND, 1954). The variations in the cone yield are caused by climatic conditions to some extent. The relation between the cone yield and the atmospheric temperature during different periods of the bud-formation year has therefore been investigated. As the material for these investigations a special cone point series has been taken. This is obtained from the material contained in reports on which the publications of the Forest Research Institute on the seed formation of forest trees are based. The cone point series shown in Tab. 11 has been obtained as the result. Owing to the partially unreliable nature of the reported material, the cone point series must be regarded as a relatively approximate guide to the magnitude of the cone harvest which varies from year to year.

The cone yield has been found to be influenced in common by a high amount of heat in the latter half of June and first half of July during the preceding year, that is to say, the bud-formation year. This is shown by the partial correlation coefficients according to Tab. 12. A point of special importance here appears to be that a large number of days fall within this period on which the maximum temperature exceeds about  $+20^{\circ}\text{C}$ .

In the determination of the regressions—climatic functions—which are derived in order to show the annual ring index of spruce as a function of different variables, it has been found that the cone yield exercises such a strong influence that it should preferably be included as a special variable in the functions. Attempts to substitute the cone yield by an expression for the temperature conditions during different periods of the bud-formation year have not produced satisfactory results.

### Climatic Functions

In order to show the relation between the annual ring variations of spruce within the latitude group in question and the different meteorological factors and also the cone yield, some 30 functions have been derived by regressive analytical methods. The following function was found to offer the highest conformity between the calculated index values and those obtained from the available observation material (see Fig. 7).

$$a_i = 105.88 + 0.9525 \times n_{t \max. 16^{\circ}} - 3.185 \times k_n - 2.381 \times k_{n-1} - \\ - 0.04247 \times \sum t_{\max. (n-1)} - 0.05126 \times \sum N \dots \dots \dots K: 1$$

The function represents:

$a_i$	Annual ring index for the calendar year in question ( $n$ ) expressed as a percentage.
$n_{t \max 16^\circ-}$	Number of days during the period 16th May—31st July during the calendar year in question on which the maximum atmospheric temperature reached at least $+ 16^\circ \text{C}$ .
$k_n$	Cone yield—expressed in cone points—for the calendar year in question.
$k_{n-1}$	Cone yield—expressed in cone points—for the preceding calendar year.
$\Sigma t_{\max (n-1)}$	The accumulated daily maximum temperatures for the period 16th July—31st August during the preceding calendar year.
$\Sigma N$	Total precipitation—expressed in millimetres—for the period 1st December in the preceding calendar year up to the 15th May in the year in question.

The statistical data for the function K:1 will be found in Tab. 14. The function includes the variable of all precipitation variables investigated which was found to exercise the strongest influence in the determination of the annual ring index. According to Tab. 14, however, the variable in question does not differ significantly from 0, on which account it has been excluded. Thus, in determining the abbreviated regression, the result obtained was:

$$a_i = 99.41 + 0.9188 \times n_{t \max 16^\circ-} - 3.129 \times k_n - 2.405 \times k_{n-1} - 0.04282 \times \Sigma t_{\max (n-1)} \dots \dots \dots \text{K:2}$$

The data for this function will be found in Tab. 15. A comparison of the values for the annual ring index obtained from the available observation material and those calculated with the help of the functions K:1 and K:2 will be found in Figs. 7 and 8 respectively.

The signs in front of the regression coefficients in the functions K:1 and K:2 indicate that the annual ring index is only positively correlated with the variable  $n_{t \max 16^\circ-}$ . All the other variables exercise a negative influence.

It has been pointed out in a foregoing paragraph that the annual ring formation of spruce takes place under the influence of the temperature conditions during the period 16th May—30th June and that although the heat supplied during the immediately following half-monthly periods is not without importance, it exercises a relatively small influence. An attempt was therefore made to replace the variable  $n_{t \max 16^\circ-}$  in the regressions by the corresponding number of days for the shorter period. Here, however, a markedly inferior result was obtained than when the number of days covered the whole 77-day period.

The second temperature variable  $\Sigma t_{\max (n-1)}$  included in the functions as an expression for the accumulated temperature during the period 16th July—31st August in the immediately preceding calendar year exercises a negative influence on the annual ring index. This is presumably associated with the fact that a high degree of heat during this period when the main part of the annual ring is produced subsequently, is accompanied by an increased consumption of the new assimilated material which is formed progressively and may already be stored in the tissue. This material is then utilized, not only for the intensified life-processes but also in the bud formation for the following year's shoots and flowers as well as for the root growth. In this way a shortage may conceivably arise in connection with the quantity of assimilated material available for the annual ring formation at the beginning of the vegetation period in the following year.



Of the variables for the cone yield during the calendar year in question and the immediately preceding year, namely  $k_n$  and  $k_{n-1}$  respectively, the former in particular exercises a relatively strong negative influence on the annual ring index. The functions K:1 and K:2 have also been supplemented by a variable for the cone yield for two years past (namely  $k_{n-2}$ ). The influence of this variable was found to be very slight, however, not differing significantly from 0.

It must be regarded as somewhat surprising that a clear expression for a relation between the annual ring variations of spruce and the precipitation within the latitude group in question has not been obtained from the regression analysis. As may be seen from Tab. 14, the regression coefficient for the precipitation variable does not differ significantly from 0. It may be possible to read from the regression that the precipitation in the winter and spring is not entirely without influence on the annual ring formation. Surprisingly enough, a high precipitation during this period exercises a slightly lowering effect on the annual ring index. This might be conceived to mean that the temperature variables employed were not fully able to reproduce the influence of the temperature so that a residual part of this influence finds expression in a negative partial relationship with the precipitation.

Together with the precipitation both during the whole of the above-mentioned 77-day period as well as parts of the same, an investigation was also made to ascertain whether a high precipitation and suitable temperature conditions occurring simultaneously exercise a favourable influence on the annual ring index. But this was not found to be the case.

Since HOLMSGÅRD (1955) has found that the annual ring variations of spruce in Denmark are dependent to a relatively marked extent upon the variations in the precipitation during June and July, it must be considered strange that the precipitation was not found to exercise any strong influence on the annual ring variations of spruce within the latitude group here in question. This must be interpreted to imply that the available moisture, even in summers with a light rainfall, suffices to promote the assimilation processes during the period in which the annual ring formation chiefly takes place.

### **Climatic Functions with a Differentiation of the Annual Ring Material according to Tree Classes**

The regression analysis was originally based on the whole of the annual ring material from the latitude group in question. However, it cannot be simply assumed that all trees, irrespective of their position in the crown layer of the stand, directly record the influence of the climate and the secondary climatic effects (EKLUND 1954), and primarily amongst them the variations in the cone yield, in an entirely uniform manner. Actually, there is reason to assume that trees in the highest crown layer where a considerable part of the assimilating needle mass is usually exposed to direct sunlight, will react to the climatic influence in a manner differing somewhat from that of the trees in the lowest crown layer, the assimilation of which generally takes place under an appreciably reduced light intensity. Experience has shown that the cone yield is chiefly produced by trees in the uppermost crown layer, whereas those in the lower layer either make no contribution at all or only a very small one.

All of the 908 sample trees the annual rings of which are included in the observation material have been sorted under the four following tree classes in accordance with the notes made during the preliminary work:

- Tree class 1 = Dominant trees  
 » » 2 = Co-dominant trees  
 » » 3 = Dominated trees  
 » » 4 = Overtopped trees

An annual ring index series has been prepared for each tree class for the period 1900—1944 (see Tab. 16, 17 and Figs 9—12). As may be seen from Tab. 16 in conjunction with the ocular comparison of the index series according to Figs 9—12, the tree class 4 stands out somewhat distinctly. This tree class is rather too liberally represented in the investigation material however. Furthermore, it is only responsible for a relatively small part of the spruce's total annual growth within the latitude group concerned. On this account it has been considered desirable to set out climatic functions of the same type as the functions K:1 and K:2 but based exclusively on an annual ring series prepared for tree classes 1—3 (Tab. 17 and Fig. 13). By the regression analysis of these, in conjunction with the observed variables included in the functions K:1 and K:2, the following functions have been obtained:

$$a_i^1 = 103.31 + 1.0381 \times n_{i \max 16^\circ} - 3.510 \times k_n - 2.829 \times k_{n-1} - \\ - 0.04053 \times \sum t_{\max (n-1)} - 0.05918 \times \sum N \dots \dots \dots K:3$$

$$a_i^2 = 95.84 + 0.9992 \times n_{i \max 16^\circ} - 3.445 \times k_n - 2.857 \times k_{n-1} - \\ - 0.04094 \times \sum t_{\max (n-1)} \dots \dots \dots K:4$$

A comparison between the functions K:1 and K:3 on the one hand, and K:2 and K:4 on the other, according to Tab. 14 and 18, and 15 and 19 respectively shows that the exclusion of tree class 4 from the annual ring index series is accompanied by a slight increase in the variable's significance. The observed and calculated annual ring index values exhibit a somewhat closer conformity than when the comparison was based on the functions K:1 and K:2. The strongly marked excess in the representation of tree class 4 in the annual ring material on which these two latter functions are based provides a reason for recommending the use of the functions K:3 and K:4 in the said order for practical purposes.

### □ Annual Ring Index for 5-Year Periods

When the values of the annual ring index for different calendar years calculated in accordance with the functions K:1—K:4 are compared with the available observation material, the general impression gained—as may be seen from Figs 7—8 and 14—15—is that the conformity is satisfactory on the whole. But for some calendar years the agreement is less satisfactory, as is the case for the year 1915 for example. However, it must be borne in mind that the functions obtained are based on limited, and to some extent, unreliable initial data. As already mentioned,

this is particularly the case for the variables which reproduce the variations in the cone yields for spruce. As a result of the regression analysis the general impression remains that within the framework of the observation material with respect to the meteorological data and cone yield there is little prospect of increasing the reliability to any appreciable extent where the calculation of the annual ring index with the help of a function is in question. It must also be realized that the functions sometimes produce calculated values that differ considerably from the annual ring index according to the available annual ring material.

The climatic functions presented serve the primary purpose of obtaining an introductory knowledge of the variation in width of the annual rings of spruce due to climatic conditions within the latitude group in question. The functions are also intended to be applied for correcting the observed growth in forest districts, in the direction of a more normal climatic position, that is to say, an annual ring index of 100 %. In making climatic corrections of this kind an average index value should be employed for a series for each successive calendar year, and preferably for a 5-year period.

A conception as to how an average annual ring index for different 5-year periods, drawn up in accordance with the functions K:1—K:4, stands in comparison with the averages figures according to observation material, can be obtained by comparing the moving averages shown in Figs 16—19. A transition from an annual ring index for separate calendar years to a 5-year moving index is accompanied by a very perceptible damping around the normal level of the index values. Of the four climatic functions, function K:3, closely followed by function K:4, exhibits the best adaptability to the average index according to the observation material.

### Verification of the Climatic Functions

In order to determine the annual ring variations of spruce after the year 1944 and also test the accuracy of the climatic functions in relation to other annual ring material, the values for the annual ring index calculated in accordance with the functions K:3 and K:4 have been compared with an annual ring series according to the observation material taken from the National Forest Survey of 1954, for a district which closely coincides with the latitude group in question (see Tab. 21). Apart from climatic influences, this annual ring series is also affected by reactions due to cuttings. The general impression gained from these comparisons is, primarily, that the climatic functions offer a practicable means for determining the annual ring index exclusively on the basis of the meteorological observation material and the particulars relating to the cone yield both during the year in question and the immediately preceding calendar year. The determination of the annual ring index for the particular calendar year may, however, sometimes be relatively misleading. On the other hand, the calculation of an average annual ring index for 5-year periods, for example, will in most cases provide a fully acceptable expression for the annual ring variations of spruce. The climatic functions must be employed with discrimination, however, and the results obtained should be tested from time to time if possible by comparison with empirical annual ring material.